

Diseño de electrificación y estudio de factibilidad para la implementación de paneles solares en una vivienda en la ciudad de Neiva

Ana Marcela Mahecha

DIRECTOR:
Ingeniero Ramiro Perdomo

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Dedicado a mi madre.

INDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS	I
ÍNDICE DE FIGURAS	II
ÍNDICE DE ANEXOS	III
RESUMEN	IV
ABSTRACT	V
INTRODUCCIÓN.....	VI
1. ¿QUÉ ES LA ENERGÍA RENOVABLE?	1
1.1 Fuentes renovables de energía	1
1.1.1 Energía Solar	2
1.1.2 Distribución mundial de la energía solar -Regiones para la aplicación - ..	2
2. POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA	3
2.1. Patrón de radiación solar en Neiva	5
2.2 Duración de luminosidad	6
3. COSTO DE LA ENERGÍA SOLAR	7
3.1 Coste por capacidad instalada	8
3.1.1 ¿Por qué la dramática caída en el precio?	9
4. CAPACIDAD ELÉCTRICA INSTALADA, ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA, 2009	9
5. MARCO LEGAL	10
6. FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES DE TECNOLOGÍA SOLAR	11
6.1 Fabricantes y distribuidores a nivel mundial	11
6.2 Distribuidores a nivel nacional	12
7. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS.....	12
7.1 Sistema Stand-Alone	13
7.2 Sistema Híbrido	14
7.3 Sistema Grid-Tie o sistemas de servicios públicos interactivos	15
8. ANÁLISIS Y ESTUDIO ECONÓMICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CIUDAD DE NEIVA.	15
8.1 Caracterización de usuarios	15
8.2. Identificación de cargas	17

8.2.1 Caracterización de los espacios y aparatos que más consumen energía	19
8.3 Caracterización del consumo mensual de una vivienda, estratos 1 – 6	20
8.4 Formato de la encuesta.....	21
8.5 Proyección.....	24
9. DISEÑO.....	26
9.1 Alumbrado General	26
9.1.1 Sala - comedor.....	27
9.1.2 Cocina.....	28
9.1.3 Habitación principal	29
9.1.4 Habitación secundaria I.....	30
9.1.5 Habitación secundaria II.....	31
9.1.6 Baño principal.....	32
9.1.7 Baño secundario	32
9.1.8 Cuarto de ropas.....	33
9.1.9 Distribución y consumo eléctrico de luminarias.....	34
9.2 Sistema 1. Híbrido, sólo luminarias.....	36
9.2.1 Determinación de número de paneles.....	36
9.2.2 Calculo banco de baterías	37
9.2.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga.....	38
9.2.4 Dimensionamiento del cableado del sistema	38
9.3 Sistema 2. Híbrido, luminarias y cargas menores.....	40
9.3.1 Determinación de número de paneles.....	40
9.3.2 Calculo banco de baterías	40
9.3.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga.....	41
9.3.4 Dimensionamiento del cableado del sistema	41
9.4 Sistema 3. Híbrido, aire acondicionado	42
9.4.1 Determinación de número de paneles.....	42
9.4.2 Calculo banco de baterías	42
9.4.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga.....	43
9.4.4 Dimensionamiento del cableado del sistema	43
9.5 Sistema 4. Stand-Alone.....	44
9.5.1 Cargas de Electrodomésticos	44

9.5.2 Determinación de número de paneles.....	45
9.5.3 Calculo banco de baterías	45
9.5.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga.....	46
9.5.4 Dimensionamiento del cableado del sistema	46
10. COSTOS ESTIMADOS DE LOS SISTEMAS.....	47
10.1 Sistema 1. Hibrido, sólo luminarias.....	47
10.2 Sistema 2. Hibrido, luminarias y cargas menores	48
10.3 Sistema 3. Hibrido, aire acondicionado.....	48
10.4 Sistema 4. Stand-Alone.....	49
10.5 Caracterización en pesos y watts de los diferentes sistemas.....	49
11. SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS	51
11.1 Sostenibilidad técnica.....	51
11.2 Sostenibilidad económica.....	51
CONCLUSIONES.....	54
RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Brillo y radiación solar en Neiva 1984 – 2005	5
Tabla 2. Tiempos de salida y puesta del sol.....	7
Tabla 3. Fabricantes y distribuidores de Paneles Solar a nivel mundial	11
Tabla 4. Distribuidores de Paneles Solares en Colombia	12
Tabla 5. Consumo promedio mensual de una vivienda estratos 1 – 6.....	21
Tabla 6. Proyección a 20 años del costo de la energía eléctrica de una vivienda, estratos 1 - 6	24
Tabla 7. Número de bombillas y potencia requerida	36
Tabla 8. Cargas sistema hibrido, luminarias y cargas menores	41
Tabla 9. Potencia y tipo de electrodomésticos	45
Tabla 10. Total cargas eléctricas del sistema Stand-alone	46
Tabla 11. Costos Sistema 1 – sólo luminarias.....	49
Tabla 12. Costos Sistema 2 – Luminarias y cargas menores	50
Tabla 13. Costos Sistema 3 – Aire Acondicionado.....	51
Tabla 14. Costos Sistema 4 – Stand-Along	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Distribución mundial de la radiación solar en los cinturones que indican la viabilidad de las aplicaciones solares.....	2
Figura 2 Potencial de energía solar en Colombia	4
Figura 3 Radiación solar en Neiva - 2010	5
Figura 4 Radiación solar en Neiva 1984 – 2005.....	6
Figura 5 Tiempos de salida y puesta del sol.....	7
Figura 6 Costo de la energía solar	8
Figura 7 Coste por vatio de energía solar instalada en USA 1998 - 2010.....	8
Figura 8 Sistema fotovoltaico Stand-Along.....	13
Figura 9 Sistema fotovoltaico hibrido	14
Figura 10 Sistema Grid-Tie	15
Figura 11 Estratificación municipio de Neiva.....	16
Figura 12 Tipo de vivienda, municipio de Neiva	16
Figura 13 Bienes que posee el hogar, zona centro.	18
Figura 14 Bienes que posee el hogar, zona centro.....	18
Figura 15 Porcentaje de consumo eléctrico aproximado en el hogar, sin aire acondicionado	19
Figura 16 Consumo promedio mensual de una vivienda KWh.....	20
Figura 17 Consumo promedio mensual de una vivienda en pesos.....	21
Figura 18 Proyección a 20 años del costo de la energía eléctrica de una vivienda, estratos 1 - 6	25
Figura 19 Diagrama disposición de luminarias.....	35
Figura 20 Diagrama sistema fotovoltaico, visto desde el inversor hacia atrás	38
Figura 21 Costos estimados de los sistemas en pesos.....	50
Figura 22 Caracterización de los sistemas en Watts	50
Figura 23 Consumo y ahorro a 20 años.....	52
Figura 24 Costos de los sistemas sin banco de baterías.....	53

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica encuesta.

Anexo 1.1 Resultado Encuesta

Anexo 2. Consumo residencial de energía eléctrica Junio 2010 – Junio 2011.
Fuente Electrohuila

Anexo 3. Plano de la vivienda

Anexo 4. Tabla valores de reflectancia (aproximada) en % para colores y texturas

Anexo 5. Tabla AWG

RESUMEN

La realización de este trabajo pretende dar a conocer los factores sociales, económicos y ambientales que tendría la generación de energía eléctrica mediante la tecnología fotovoltaica en las viviendas de la ciudad de Neiva.

Dentro del diseño se tienen en cuenta 4 sistemas que se ajustan a las características económicas y a la estratificación de los inmuebles residenciales con que cuenta la ciudad, estratos uno a seis. Seleccionando como modelo de referencia una casa que cuenta con 9 espacios habitacionales, se realizan los diferentes cálculos siguiendo las NTC's y en el caso de la iluminación tomando como guía los lineamientos del alumbrado de Westinghouse.

Asimismo se realiza una clasificación de los fabricantes a nivel mundial, como de los distribuidores a nivel nacional. Estos últimos quienes son también los encargados del transporte e instalación del producto y por quienes se opto para la realización de las cotizaciones.

También se elabora una comparación entre los precios iniciales de los sistemas y la proyección a 20 años de la tarifa energética actual, tomando como referente para la realización de la proyección la tasa de crecimiento anual del 2011 en Colombia

Finalmente se realizan algunas conclusiones y recomendaciones referentes al diseño y las dificultades presentadas en el proceso de realización, así como de las acciones que se deben encaminar para que esta tecnología pueda conseguir un espacio dentro del sector energético del país.

ABSTRACT

The aim of this project is to explore the main factors related to the social, economic and environmental topics emerged by the utilization of electric energy using photovoltaic technology (*Solar Energy*) within the housing of Neiva.

There are four types of Photovoltaic systems in the project's design adjusted to the economical characteristics of each one of the respective zones ranging from zone one to six. Using as a reference, a standard house model compound with nine rooms of all kinds; the subsequent use of NTC's formulas to perform as a basic use of policy and the Westinghouse lighting model for illumination guidance.

Using a special classification for the global suppliers and the local distributors in which, perform as the last supply chain delivering to the final customer. some of them have special treatment on performing with installation and final checking of the product; *those were chosen to generate the quotation process.*

Forecasting of two primordial parts of this project was created by taking into account the final price of the four photovoltaic systems. Including all kind of fees and the projection of twenty years of electricity bill rates, placing as a grounded reference the annual growing factor from 2011 in Colombia.

Through the use of valid conclusions and recommendations related to this design and difficulties founded in the process, as well as key actions to ensure a smooth technology gap within the electricity industry in this country.

INTRODUCCIÓN

En los últimos 20 años el potencial energético del sol ha sido redescubierto, con la ayuda de tecnología moderna esta energía está siendo usada en forma de electricidad, calefacción y combustible.

Una de las razones para cambiar a los métodos de producción de energía limpia es el problema del calentamiento global, cuanto más dióxido de carbono es inyectado en la atmósfera mayor es el efecto invernadero y subsecuentemente el calentamiento global. Sabiendo que no es posible simplemente dejar de lado la utilización de los combustibles fósiles y esperar a que el calentamiento global desaparezca, dichos efectos pueden ser reducidos mediante el uso generalizado de los recursos energéticos renovables.

El incremento significativo de las erróneamente denominadas productoras de energía limpia, hidroeléctricas, en la región contribuyen al detrimento del territorio y al lucro de unos pocos inversionistas. Territorio que paradójicamente cuenta con excelentes condiciones para la implementación de los diferentes sistemas de energía solar, los cuales con la subsidiación apropiada y el manejo de políticas de importación menos rigurosas podrían reemplazar gradualmente los métodos convencionales de electrificación de las viviendas, mejorando con ello la calidad de vida de los habitantes, su economía y más importante aun, contribuyendo con la conservación del medio ambiente.

Este trabajo busca demostrar que la implantación de sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica en las viviendas de la ciudad de Neiva no es un proceso dispendioso. Del mismo modo, busca generar conciencia y mostrar que la instalación de un panel solar para contribuir con el suministro de energía de cada casa representa un gran adelanto en la carrera de la conversión a energías más limpias, las cuales serán más propensas a jugar un papel importante y vital en nuestra sociedad futura.

1. ¿QUÉ ES LA ENERGÍA RENOVABLE?

La asociación no partidista sin ánimo de lucro GoGreenVa define energía renovable como:

“Energía renovable en general se refiere al suministro de energía proveniente de fuentes de energía renovables como lo son: eólica, solar, geotérmica, hidroeléctrica y varias formas de biomasa. Estas fuentes de energía son consideradas renovables porque su fuente de combustible esta en continua reposición”¹.

Las fuentes renovables se diferencian de las fuentes fósiles no renovables (como el carbón, petróleo, gas natural) porque tienen suministros ilimitados. Teóricamente las fuentes de energía fósil pueden ser renovadas naturalmente, pero la realización de esta regeneración tarda demasiado, con lo cual, no se lograría un desarrollo sostenible para el uso de la humanidad.

Todas las fuentes de energía alternativa disponibles provienen principalmente de la actividad del sol, la rotación de la tierra y de la temperatura del interior de la tierra. Gran parte de las investigaciones y aplicaciones relacionadas con energía, las cuales utilizan sus recursos sin la consumición total de los mismos, son basadas en sistemas de energías alternativas y sus derivados como lo son: la luz del sol, el clima, la fuerza mareomotriz y las temperaturas encontradas debajo de la superficie de la tierra².

1.1 Fuentes renovables de energía

Existen 5 tipos diferentes de fuentes renovables, las cuales pueden ser utilizadas para generar energía: energía eólica, hidroeléctrica, biomasa, Geotérmica y solar, siendo ésta última el centro de nuestro estudio.

¹ http://www.gogreenva.org/?/green_glossary

² <http://www.stromversorger-energieversorger.de/erneuerbare-energien.php>

1.1.1 Energía Solar

“La energía solar es la energía recibida por la tierra proveniente del sol. Esta energía esta en forma de radiación, la cual hace posible la producción de electricidad solar”³.

1.1.2 Distribución mundial de la energía solar -Regiones para la aplicación -

La distribución geográfica de la radiación solar a escala mundial se divide en términos de intensidad en cuatro anchos cinturones alrededor de la tierra. A continuación se describirá brevemente el hemisferio norte, teniendo en cuenta que las mismas condiciones se aplican a los cinturones correspondientes al hemisferio sur.

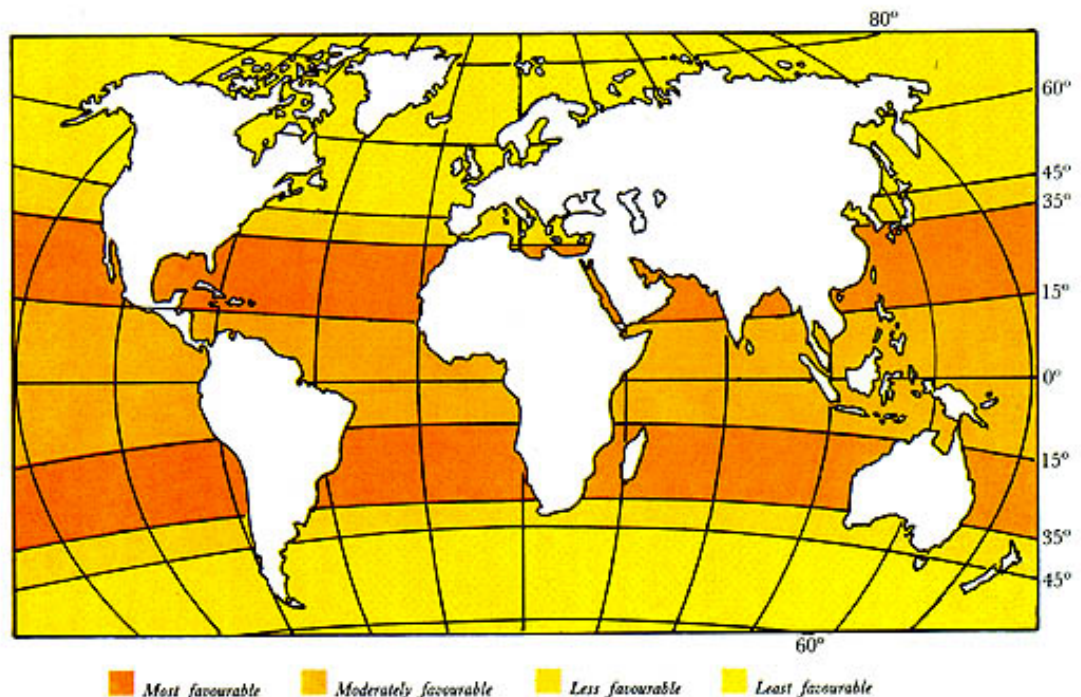


Figura 1 Distribución mundial de la radiación solar en los cinturones que indican la viabilidad de las aplicaciones solares⁴

- *La banda más favorable.* Se extiende entre las latitudes **15°N** y **35°N**, abarca las regiones que están naturalmente dotadas de las condiciones

³ http://www.clean-energy-ideas.com/energy_definitions/definition_of_solar_energy.html

⁴ <http://almashriq.hiof.no/lebanon/600/610/614/solar-water/unesco/24-26.html>

más favorables para las aplicaciones de la energía solar. Estas regiones semiáridas se caracterizan por tener la mayor cantidad de radiación solar, más del 90% de las cuales proviene de la radiación directa, como también por la limitada cobertura de nubes y las precipitaciones (menos de 250mm por año). Además, suele haber más de 3,000 horas de sol al año.

- *Banda moderadamente favorable.* Se encuentra entre el ecuador y la latitud **15°N**. Debido a que la humedad es alta y la nubosidad es frecuente, la proporción de la radiación dispersa es bastante alta. Hay un total de 2,500 horas de sol al año y la intensidad solar es casi uniforme en todo el año, las variaciones estacionales son sólo pequeñas.
- *Banda poco favorable.* Se encuentra entre la latitud **35°N** y **45°N**. A pesar de que la intensidad solar promedio es aproximadamente la misma que para las otras dos bandas, existen marcadas variaciones estacionales de la intensidad de la radiación como de las horas del día. Durante los meses de invierno la radiación solar es relativamente menor que en el resto del año.
- *Banda menos favorable.* Las regiones en este cinturón se extienden más allá de la latitud 45°N. Aquí, cerca de la mitad de la radiación total es la radiación difusa, con una proporción más alta en invierno que en verano, debido principalmente a la fuerte y extensa cobertura de nubes.

2. POTENCIAL DE ENERGÍA SOLAR EN COLOMBIA

La información sobre el potencial de la energía solar en el país ha tenido una evolución importante que data desde la época en que se comenzaron a considerar las FER⁵ como una alternativa importante de suministro de energía en los sesentas. Como se puede observar en los siguientes mapas, el mayor potencial de energía solar se concentra en el norte, que podría servir de pico de energía para los centros de población, y en algunos sitios aleatorios en el centro del país dentro de los cuales encontramos a, Neiva, la capital del departamento del Huila.

⁵ Fuentes de Energía Renovable

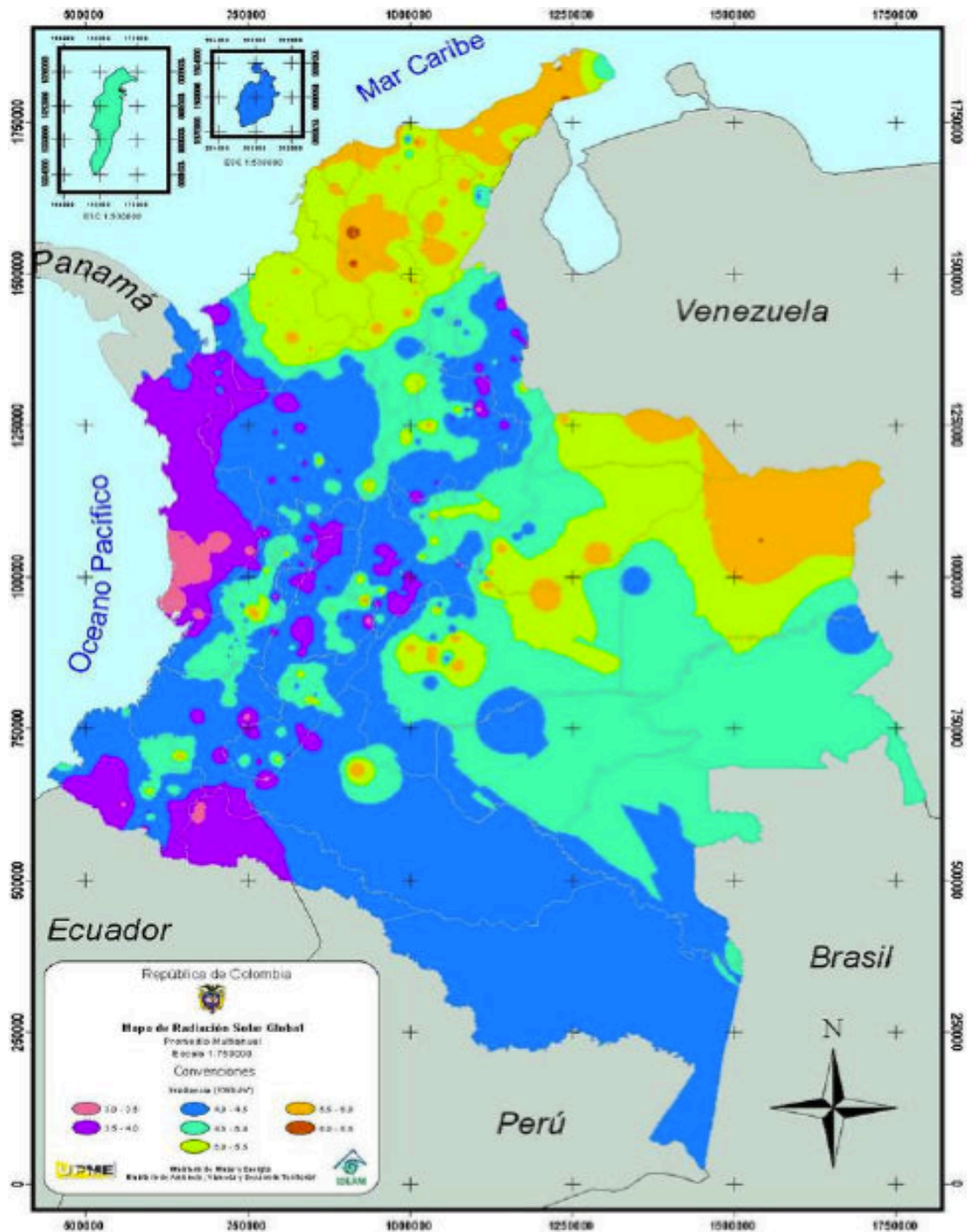


Figura 2 Potencial de energía solar en Colombia⁶

⁶ Atlas de radiación solar de Colombia - UPME

<http://www.developingrenewables.org/energyrecipes/reports/reports/Colombia%20-%20Part%20C%20-%20Country%20Maps%20060209.pdf>

2.1. Patrón de radiación solar en Neiva

La radiación solar global durante cada mes del año 2010 y el valor promedio anual para la ciudad de Neiva son representados de forma gráfica, en la figura 3, indicando el nombre de las estaciones meteorológicas con las que se realizaron dichas mediciones.

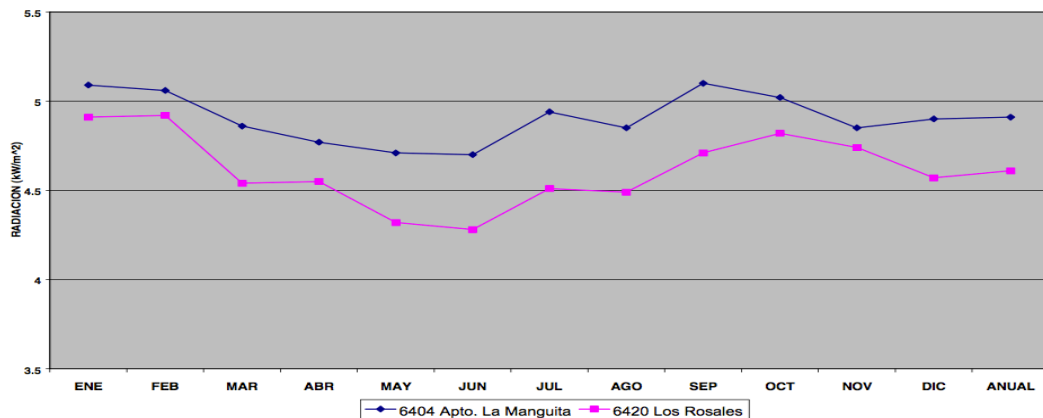


Figura 3 Radiación solar en Neiva - 2010⁷

Aeropuerto Benito Salas. La Manguita: Latitud 02° 58'N Longitud 75° 18'N
 Campoalegre. Los Rosales: Latitud 02° 37'N Longitud 75° 25'W

Para efectos de exactitud se toma una muestra mayor, de 21 años, proporcionada por la IDEAM.

Municipio: Neiva

Estación Meteorológica: Aeropuerto Benito Salas

Latitud 02°58'
 Longitud 75°18'
 Altitud 439 m

Variable medida: Brillo solar y Radiación Solar
 Período 1984-2005

Variable	Unidades	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Anual
Brillo Solar														
Promedio	horas/mes	202.0	159.4	154.2	152.7	163.8	166.9	168.8	173.3	162.0	175.6	167.4	191.8	2037.7
Máximo	horas/mes	232.0	196.5	185.3	176.9	214.8	197.2	207.9	209.1	194.6	208.2	200.5	230.2	232.0
Mínimo	horas/mes	167.3	110.9	121.3	124.2	129.2	140.5	132.5	127.6	126.2	146.5	148.5	164.5	110.9
n datos		22	22	22	22	21	22	22	20	20	21	21	20	255
Desv. Standard	horas/mes	20.0	19.2	17.3	13.5	20.1	13.8	18.2	16.7	17.4	15.5	14.1	21.5	
Desv. Standard	%	10%	12%	11%	9%	12%	8%	11%	10%	11%	9%	8%	11%	
Radiación Medida														
	kWh/m ²	4.62	4.76	4.40	4.86	4.71	4.47	4.11	4.59	4.60	4.50	4.18	4.10	4.49

Tabla 1. Brillo y radiación solar en Neiva 1984 – 2005

⁷ http://www.corpoema.com/CDenergia/H_Cap9_Princ.Ciudades.PDF

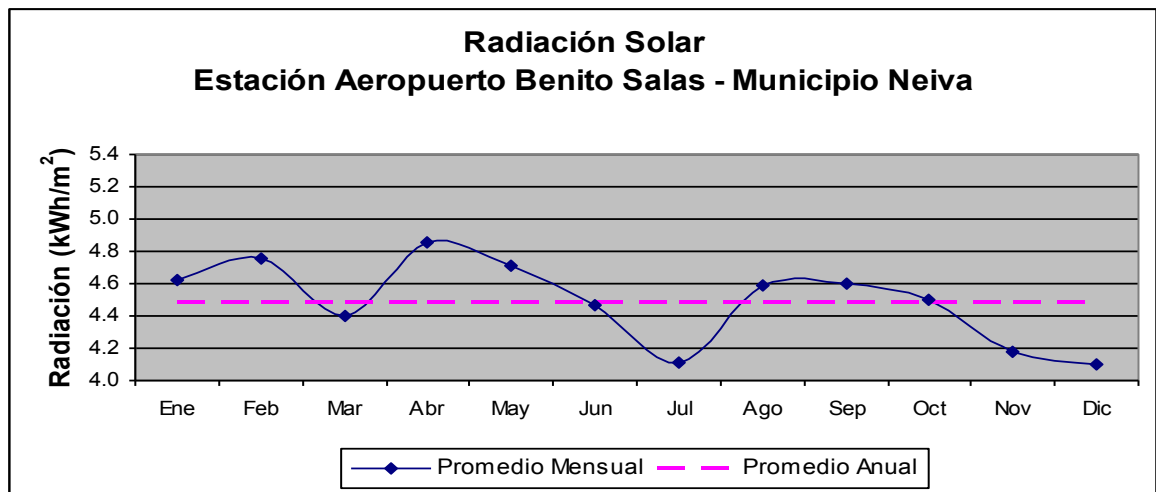


Figura 4 Radiación solar en Neiva 1984 – 2005

En donde se identifica un promedio anual de 4.5kWh/m^2 , y en el cual el pico mensual más bajo corresponde a 4.1kWh/m^2 .

2.2 Duración de luminosidad

La grafica provee información sobre la salida del sol, puesta del sol, tiempos de amanecer y atardecer en Neiva. Los datos se muestran en formato tabla, Tabla 2, para la fecha seleccionada, en este caso 5 de octubre de 2011, y en forma de gráfico para todo el año.

Día	Salida-Sol	Puesta-Sol	Duración	Cambio	Alba	Crepúsculo	Duración	Cambio
+ Hoy	05:47	17:52	12:05		05:26	18:13	12:47	
+1 día	05:47	17:51	12:04	00:01 corto	05:26	18:12	12:46	00:01 corto
+1 semana	05:46	17:49	12:03	00:02 corto	05:25	18:10	12:45	00:02 corto
+2 semanas	05:45	17:47	12:02	00:03 corto	05:24	18:08	12:44	00:03 corto
+1 mes	05:44	17:45	12:01	00:04 corto	05:23	18:06	12:43	00:04 corto
+2 meses	05:52	17:50	11:58	00:07 corto	05:30	18:12	12:42	00:07 corto
+3 meses	06:07	18:04	11:57	00:08 corto	05:44	18:27	12:43	00:08 corto
+6 meses	05:59	18:08	12:09	00:04 largo	05:39	18:29	12:50	00:04 largo

Tabla 2. Tiempos de salida y puesta del sol⁸

⁸ Tomado y traducido de: <http://www.gaisma.com/en/location/neiva.html>

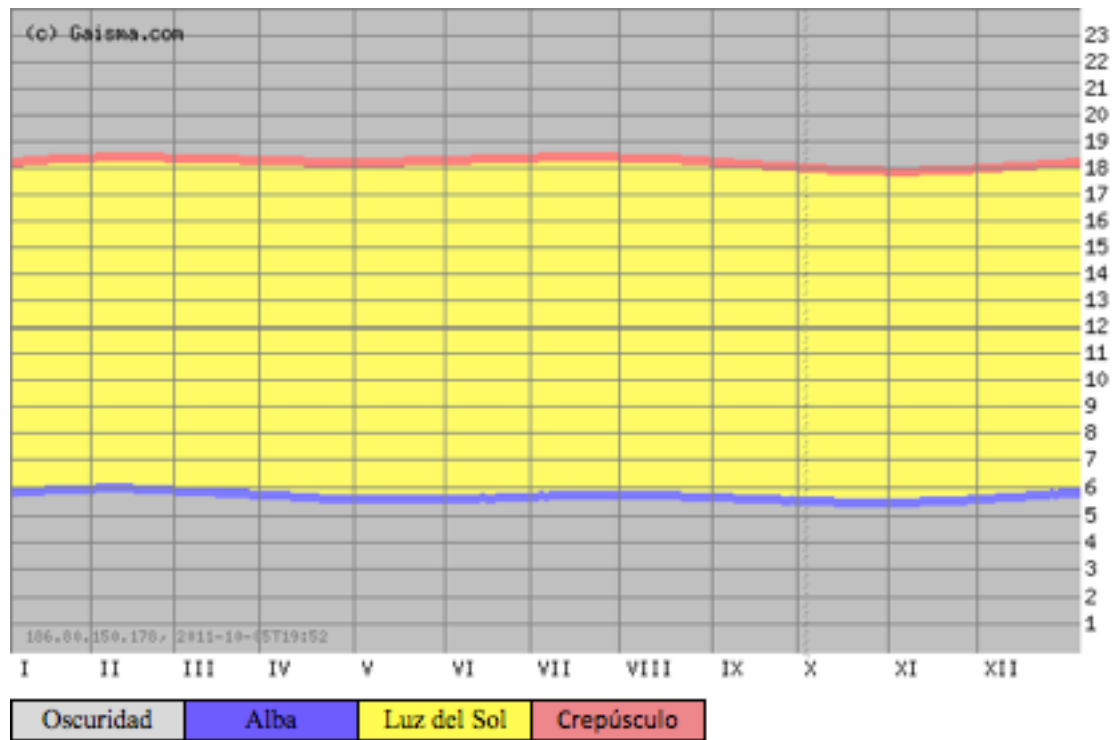


Figura 5 Tiempos de salida y puesta del sol⁹

En la Figura 5 se puede apreciar que la variación de los tiempos de salida y puesta del sol durante el transcurso del año en la ciudad de Neiva son ínfimos.

Nota: Los cálculos de la salida y la puesta del sol se basan en los algoritmos mostrados en el sitio web National Oceanic and Atmospheric Administration Surface Radiation Research Branch

3. COSTO DE LA ENERGÍA SOLAR

Muchas personas tienen la impresión de que los paneles solares son ineficientes y costosos. Estas preocupaciones eran válidas cuando los paneles fotovoltaicos se desarrollaron por primera vez. Sin embargo, ahora debido a la creciente popularidad y demanda de la energía solar, la tecnología está continuamente mejorando y los precios disminuyendo a una tasa de 10% por año. La gráfica mostrada en la figura 6 corresponde a la tendencia de la tecnología en los últimos 30 años.

⁹ Tomado y traducido de: <http://www.gaisma.com/en/location/neiva.html>

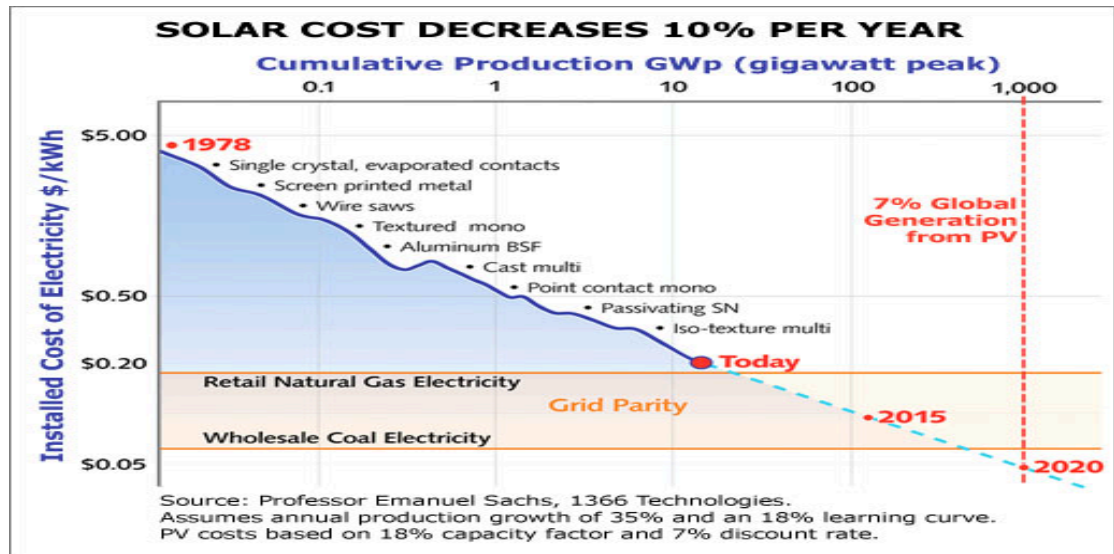


Figura 6 Costo de la energía solar¹⁰

En Colombia esto es evidenciable al comparar precios, de paneles solares y los denominados kits, con los proveedores nacionales.

3.1 Coste por capacidad instalada

Según datos del National Renewable Energy Laboratory's Open PV Project el precio de la energía solar ha visto un dramático descenso, cayendo un 35% en los últimos doce años,

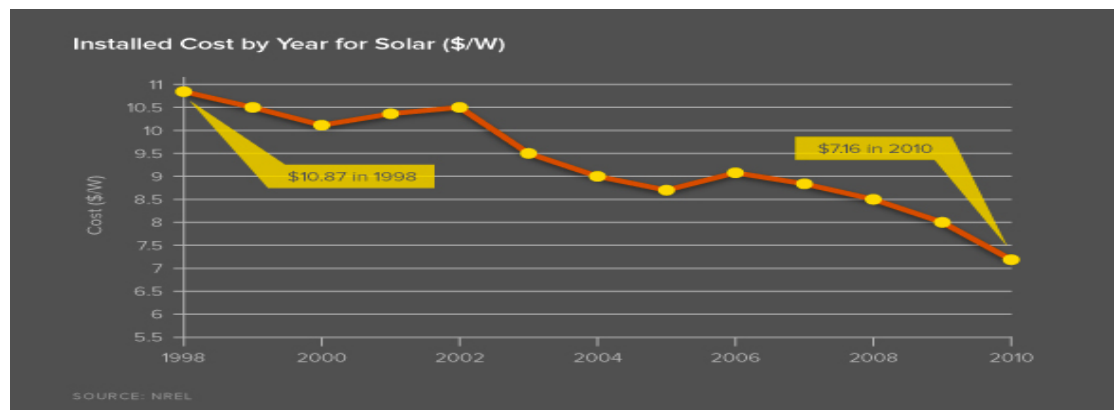


Figura 7 Coste por vatio de energía solar instalada en USA 1998 - 2010¹¹

¹⁰ <http://www.tnsolarenergy.org/financing.html>

¹¹ <http://www.txchnologist.com/2011/declining-cost-per-watt-solar>

En 1998 el coste por vatio de la energía solar instalada en USA era de \$10.87 dólares; a finales de 2010 estaba cerca de \$ 7 dólares.

3.1.1 ¿Por qué la dramática caída en el precio?

1. Una variación de la ley de Moore. Tecnologías, particularmente las relacionadas con el hardware (como la solar) puede aumentar rápidamente su eficiencia y disminuir sus costos.
2. Rápida disminución de los costes de fabricación. El costo de hacer tanto paneles de silicio como películas finas han disminuido rápidamente en los últimos años. Los paneles de película fina pueden ser alrededor de 1 dólar por vatio, mientras que varios modelos de paneles de silicio se fabrican entre \$1.10 y \$1.80 dólares.
3. Mayor escala de inversión, sobre una base per-watt, que es 30% más económico que construir una serie de mayor watts.

Bloomberg New Energy Finance estima que la inversión solar en el último año ha aumentado en US\$85 mil millones, destinando gran parte de esa nueva inversión a la construcción de grandes matrices fotovoltaicas.

4. Incentivos del gobierno. Cuando el gobierno impulsa la adopción de energía solar, su escalabilidad aumenta rápidamente.

Sin embargo, mientras que los costos de la energía solar se encaminan en la dirección correcta, su rival, el carbón, es todavía difícil de superar.

4. CAPACIDAD ELÉCTRICA INSTALADA, ENERGÍAS RENOVABLES EN COLOMBIA, 2009

Según el Instituto de Ciencias Nucleares y Energías Alternativas – INEA¹² Colombia tenía instalados en 1995 cerca de 2MWp con sistemas fotovoltaicos, los cuales tenían aplicaciones principalmente domésticas y de comunicaciones y generaban cerca de 243MWh/mes. En 2007 en Colombia había 28.1MW de potencia instalada de energías renovables (excluyendo las grandes hidroeléctricas), que consisten principalmente en la energía eólica.

¹² INEA fue liquidado en 1997

5. MARCO LEGAL

En 2001, la ley 697, que promueve el uso eficiente y racional de la energía y las energías alternativas, se promulgó. Esta ley fue reglamentada por el Decreto 3683, publicado en 2003. La ley y el decreto contempla aspectos tan importantes como el estímulo a la educación y la investigación de fuentes de energía renovables (FER). Sin embargo, el programa creado por esta ley carece de aspectos fundamentales para impulsar el desarrollo de las energías renovables de manera significativa, como un sistema de apoyo para promover las energías renovables, o los objetivos cuantitativos para la cuota de las energías renovables.

Con lo cual, a pesar del gran potencial con que cuenta el país en las nuevas tecnologías de energía renovable, el aprovechamiento del mismo ha sido escaso y con reducido impacto.

El **Ministerio de minas y energía (MME)** ha realizado algunos avances y acciones en política y legislación aplicables a la energía solar, eólica y en general a las fuentes no convencionales de energía; se encuentra en el proceso de la formulación de la reglamentación técnica para el uso racional y eficiente de la energía - **URE**.

De la mano con el MME el **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación – ICONTEC** se encuentra en el proceso de la normalización técnica de la energía solar, buscando establecer soluciones a problemas reales o potenciales de procesos repetitivos y comunes. El planteamiento de los diferentes niveles de normalización nacional e internacional, se están consensando a través de comités técnicos. Dentro de los comités internacionales de referencia para el desarrollo de las NTCs¹³ se encuentran: IEC TC 82 Solar photovoltaic energy Systems, ISO TC 180 Solar energy, ASTM Subcommittee E44 on Solar Geothermal and Other Alternative Energy Sources; Subcommittee E44.05 on Solar Heating and Cooling Systems and Materials y Subcommittee E44.09 on Photovoltaic Electric Power Conversion.

¹³ Normatividad Técnica Colombiana

6. FABRICANTES Y DISTRIBUIDORES DE TECNOLOGÍA SOLAR

6.1 Fabricantes y distribuidores a nivel mundial

Basados en los envíos totales, ventas, en megavatios (MW) en 2010, las siguientes diez empresas son las principales fabricantes de paneles solares en el mundo:

Principales fabricantes de paneles solares a nivel mundial		
Compañía	País	Website
Suntech	China	http://www.enf.cn/pv/2373c.html
First Solar	U.S.A.	http://www.firstsolar.com/
Sharp	Japón	http://www.sharp-solar.com/en/
Yingli	China	http://www.yinglisolar.com/
Trina Solar	China	http://www.trinasolar.com/
Canadian Solar	Canadá	http://www.canadiansolar.com/
Hanwha SolarOne	China	http://www.hanwha-solarone.com/en
SunPower	U.S.A.	http://us.sunpowercorp.com/
Renewable Energy Corporation, REC	Noruega	http://www.recgroup.com/
SolarWorld	Alemania	http://www.solarpowergroup.com/

Tabla 3. Fabricantes y distribuidores de Paneles Solar a nivel mundial

6.2 Distribuidores a nivel nacional

Empresas distribuidoras en el territorio nacional

Principales distribuidores de paneles solares a nivel nacional		
Compañía	Ciudad	Website
GeneraSol Colombia	Barranquilla, Bogotá, Yopal	http://generasolcolombia.com/
Solen Technology	Bogotá, Cartagena	http://www.solentechnology.com/
Aprotec - Tecnología Apropriada	Cali, Villavicencio	http://www.aprotec.org/
Avemar Energy	Bogotá	http://avemarenergy.com
Solutechnia	Cartagena	http://solutechnia.com.co/
Energía Solar de Colombia	Aguachica/Cesar	http://energiasolardecolombia.com/
Enersoll - Energía Solar Del Llano	Villavicencio	http://www.enersoll.blogspot.com/
Gestión Integral Energética S.A	Bogotá	http://www.gie.com.co/
Energreencol	Cartagena	http://www.energreencol.com/energia_solar/
Alta Ingeniería XXI	Bogotá	http://www.altaingenieriaxxi.com/
Heliotermica	Pamplona/N. de Santander	http://www.heliotermica.com
Hemeva	Bogotá	http://www.hemeva.com/
Hybrytec S.A	Itagüí/Antioquia, Bogotá	http://www.hybrytec.com/

Tabla 4. Distribuidores de Paneles Solares en Colombia

7. TIPOS DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Los sistemas de energía fotovoltaica se clasifican de acuerdo a sus requisitos de funcionalidad, operación, configuración de componentes y de cómo el equipo está conectado a otras fuentes de energía y cargas eléctricas. Las dos principales configuraciones son: grid-connected (conectado a la red o sistemas de servicios públicos interactivos) y los sistemas stand-alone o independientes. Estos sistemas fotovoltaicos pueden ser diseñados para proporcionar una corriente continua y/o servicio de alimentación de corriente alterna.

7.1 Sistema Stand-Alone



Figura 8 Sistema fotovoltaico Stand-Alone

Los sistemas Stand-Alone están diseñados para funcionar independiente de la red de servicios eléctricos. La ventaja de este tipo de sistema es su capacidad para proporcionar la potencia requerida a la red eléctrica creando una independencia energética; estos sistemas en general son dimensionados para suministrar cierto tipo de carga DC o AC. Es un excelente sistema para el suministro de electricidad en donde el tamaño de la matriz fotovoltaica (número de paneles solares) y de la batería depende de los requisitos de potencia individual.

Los paneles cargan la batería durante el día, la cual suministra energía al inversor según sea necesario. El inversor cambia los 12 voltios DC de la batería a 120 V de corriente alterna, que es el tipo más útil de las actuales, para la mayoría de las aplicaciones. El estabilizador de carga suspende el proceso de carga cuando la batería alcanza su carga completa, con el fin de evitar el efecto de gassing-out, y prolongar la longevidad de la batería

7.2 Sistema Híbrido

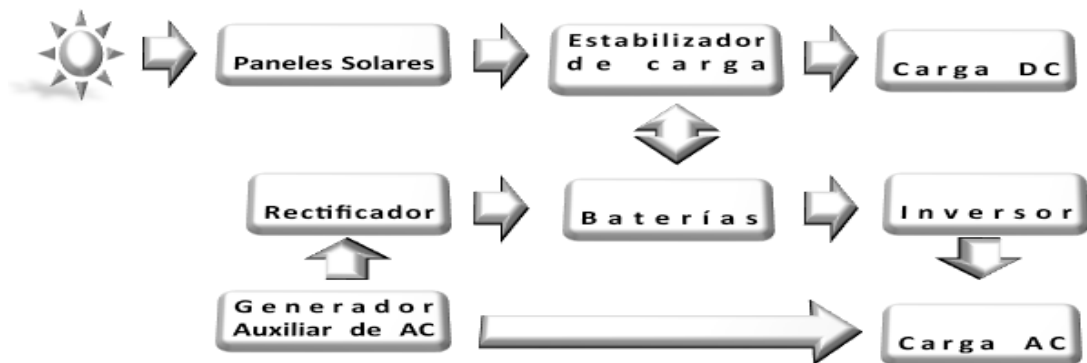


Figura 9 Sistema fotovoltaico híbrido

El sistema híbrido es una combinación entre energía eléctrica solar y energía de la red eléctrica, el cual produce electricidad incluso cuando el sol no está proporcionando suficiente radiación. Estos sistemas tienen la capacidad de cargar el banco de baterías y proporcionar electricidad cuando las condiciones climáticas no son favorables para la producción de energía solar.

Una ventaja de este tipo de sistema es la reducción de los paneles solares necesarios para el suministro de energía, lo que hace de este sistema una alternativa más económica que el sistema stand-alone. Cuando la potencia requerida es mayor que la producida por los paneles solares, el generador AC auxiliar, es activado para proporcionar la diferencia entre la energía solar disponible y la electricidad requerida.

7.3 Sistema Grid-Tie o sistemas de servicios públicos interactivos

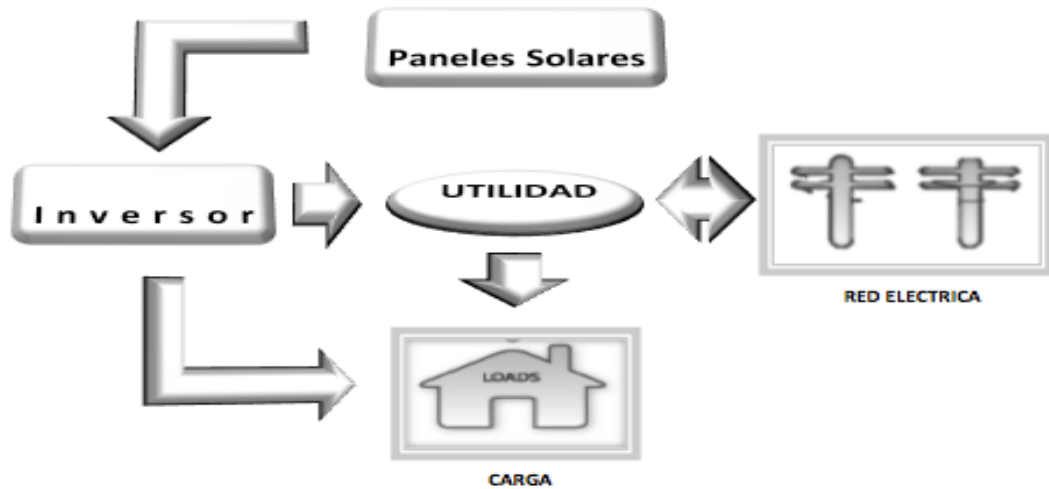


Figura 10 Sistema Grid-Tie

Un sistema solar grid-tie es útil para los hogares que ya están conectados a la red eléctrica y su ventaja principal es la reducción del precio de los servicios públicos.

El sistema es cableado, con un inversor que produce una onda sinusoidal pura de corriente alterna, a la conexión a la red eléctrica. La mayoría de estos sistemas no suelen tener la batería de almacenamiento, que permite más potencia cuando el servicio falla; aunque estas pueden ser instaladas para mantener las cargas críticas de funcionamiento en caso de una falla de energía.

8. ANÁLISIS Y ESTUDIO ECONÓMICO DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN LA CIUDAD DE NEIVA.

8.1 Caracterización de usuarios

La estratificación socioeconómica de las viviendas del municipio de Neiva, realizada por Planeación Municipal para las 10 comunas, identificó que la mayoría de las viviendas se ubican en los estratos 1, 2 y 3.

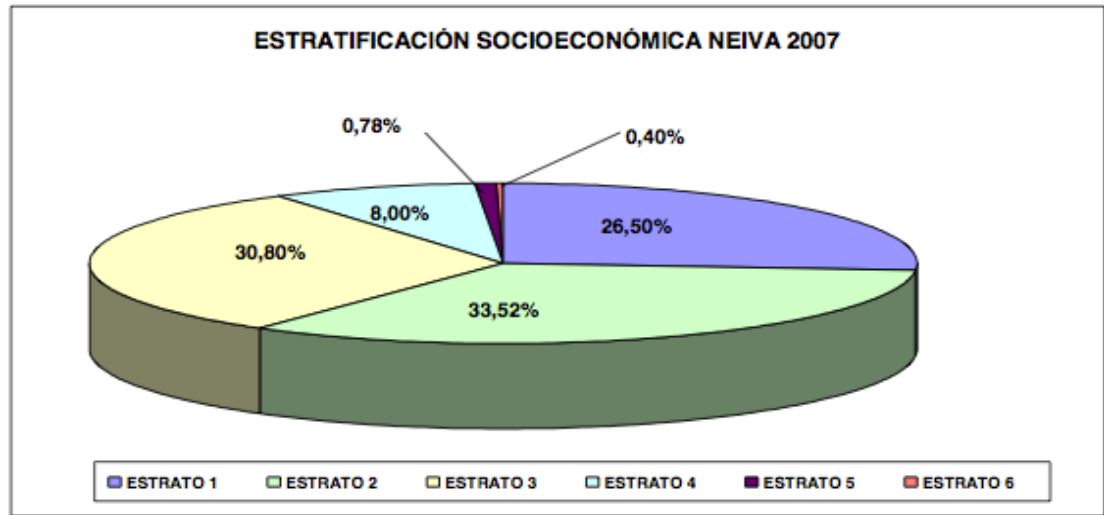


Figura 11 Estratificación municipio de Neiva.¹⁴

En el municipio existen aproximadamente 82.816 viviendas (según Censo 2005), de las cuales 77.696 se ubican en la zona urbana y 5.120 se localizan en la zona rural. El 78.7% de las viviendas corresponden a casas, el 15% son apartamentos y el restante 6.3% son cuartos u otro tipo de vivienda.

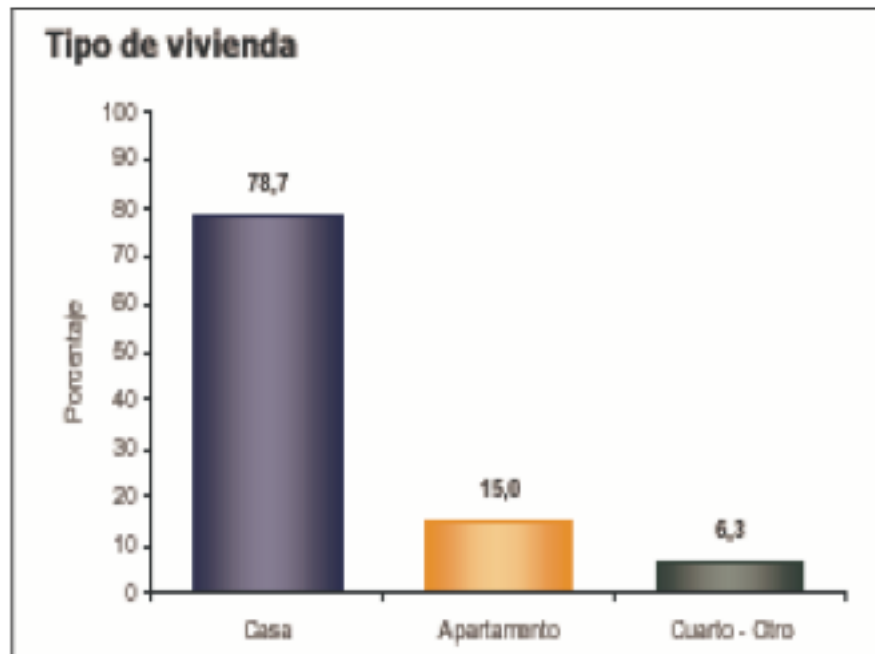


Figura 12 Tipo de vivienda, municipio de Neiva

¹⁴ Plan de desarrollo 2008 -2011 Alcaldía de Neiva

El suministro de energía eléctrica en la ciudad es proporcionado por la empresa distribuidora Electrohuila. El sector residencial, el cuál es el centro de este estudio, se encuentra distribuido en 6 estratos, desde 1 - 6, a lo largo de la ciudad.

El valor del kWh que cada usuario debe pagar varía según la clasificación de su estrato, el consumo promedio del mismo durante 1 periodo de consumo, entre otros. El cálculo para el cobro de dichos factores se calcula de la siguiente forma:

$$CUv_{n,m} = G_m + T_m + D_{n,m} + Cv_m + PR_{n,m} + R_m$$

Donde:

$CUv_{n,m}$ = Costo Unitario de Prestación del servicio (\$/KWh)

G_m = Costo compra de la energía para el mes m en (\$/KWh)

T_m = Costo por uso del sistema nacional de transmisión para el mes m en (\$/KWh)

$D_{n,m}$ = Costo por uso del sistema de distribución correspondiente al nivel de tensión n para el mes m en (\$/KWh)

Cv_m = Margen de comercialización correspondiente al mes m en (\$/KWh)

$PR_{n,m}$ = Costo de compra, transporte y reducción de pérdidas de energía acumuladas hasta el nivel de tensión n correspondiente al mes m en (\$/KWh)

R_m = Costo de restricciones y servicios asociados con generación para el mes m en (\$/KWh).

Los usuarios pertenecientes a los estratos 1, 2 y 3 reciben un auxilio económico del 20%; usuarios de estratos 5 y 6 realizan una contribución del 20% adicional del valor de su factura y los usuarios en el estrato 4 ni contribuyen ni reciben el anteriormente mencionado subsidio.

Todos los usuarios deben cancelar el 12% del valor del consumo por concepto de alumbrado público.

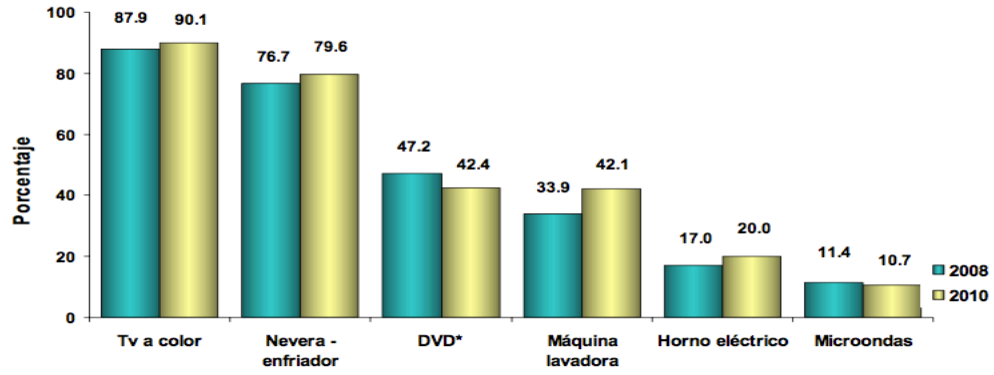
8.2. Identificación de cargas

Teniendo en cuenta los elementos de uso común en una vivienda y el consumo promedio en kWh, se procede a determinar los electrodomésticos esenciales para la realización del proyecto.

Según los resultados del censo 2005 realizado por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística – DANE, en la zona centro del país, zona en la cual se encuentra el departamento del Huila, el promedio de hogares que poseen los siguientes bienes es el siguiente:



**Bienes que posee el hogar
ECV 2008 - ECV 2010
Total región**



Fuente: DANE ECV 2008 – ECV 2010 Datos expandidos con proyecciones de población, con base en los resultados del censo 2005
*Para ECV 2010 DVD - Blue Ray

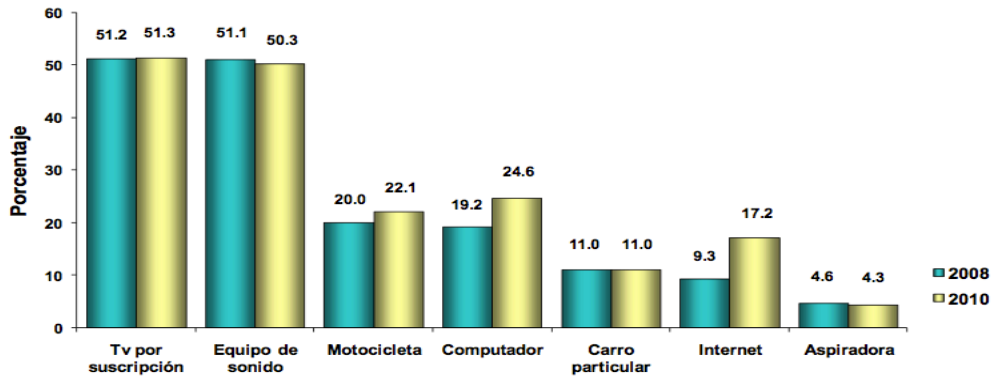
www.dane.gov.co - dane@dane.gov.co

Figura 13 Bienes que posee el hogar, zona centro.¹⁵

Dentro del análisis de estos datos solo se tendrán en cuenta los bienes eléctricos que posean un porcentaje representativo.



**Bienes que posee el hogar
ECV 2008 - ECV 2010
Total región (Cont.)**



Fuente: DANE ECV 2008 – ECV 2010 Datos expandidos con proyecciones de población, con base en los resultados del Censo 2005

www.dane.gov.co - dane@dane.gov.co

Figura 14 Bienes que posee el hogar, zona centro

¹⁵http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones_vida/calidad_vida/ECV_2010_Region_Central.pdf

Discriminando la información de las figuras 13 y 14, se obtienen los siguientes electrodomésticos:

- Tv a color
- Nevera
- Maquina lavadora
- Equipo de sonido
- Computador

Los estudios realizados por el DANE presentan solo un porcentaje de la información necesaria para la realización de este documento, por lo cual, para efectos de diseño se procede a tomar los resultados de la encuesta realizada (**ver anexo 1.1**).

8.2.1 Caracterización de los espacios y aparatos que más consumen energía

La electricidad es el energético que más se consume en los hogares, utilizado principalmente, el 40% para iluminación, el 29% para refrigerar, el 13% para hacer funcionar la televisión, el 7% para otros electrodomésticos (como son el horno de microondas, aspiradora y licuadora, entre otros.), el 6% en la plancha y el 5% en la lavadora de ropa.

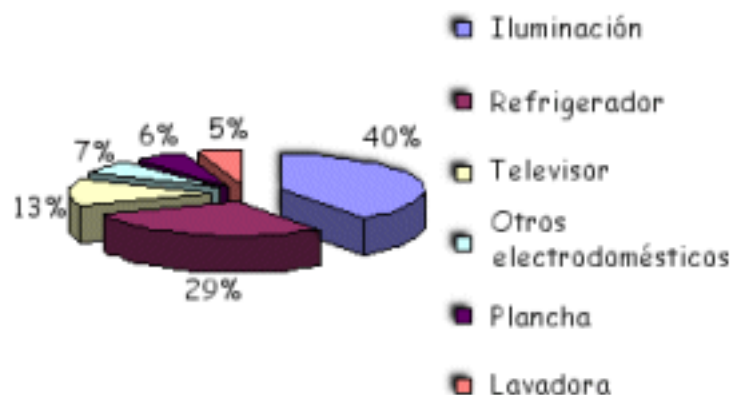


Figura 15 Porcentaje de consumo eléctrico aproximado en el hogar, sin aire acondicionado¹⁶

Aunque la plancha y la lavadora se encuentran dentro de los electrodomésticos que más potencia consumen en un hogar, el número de horas de uso de los mismos en comparación con los otros dispositivos es reducido.

¹⁶ <http://www.emsa-esp.com.co>

8.3 Caracterización del consumo mensual de una vivienda, estratos 1 – 6

Para establecer el consumo actual por concepto de energía eléctrica en las viviendas, se obtuvieron los datos de consumo de los últimos 12 meses, junio 2010 a junio 2011, del sector residencial de la ciudad; posteriormente se procedió a clasificar, tabular y graficar esta información por estrato (**Ver anexo 2**). Para obtener finalmente el promedio de consumo mensual, en kWh y pesos, de las viviendas en los diferentes estratos, 1 a 6, de la ciudad de Neiva.

Nota: estos valores se utilizarán como parte de la referencia para la escogencia de los paneles solares.


 PROMEDIO CONSUMO MENSUAL DE UNA VIVIENDA EN NEIVA		
ESTRATO	Consumo KWh	Consumo Promedio (\$)
1	113.428	38,568
2	150.879	51,302
3	182.793	62,153
4	226.580	77,041
5	327.429	111,332
6	339.724	115,513

TABLA 5. Consumo promedio mensual de una vivienda estratos 1 – 6

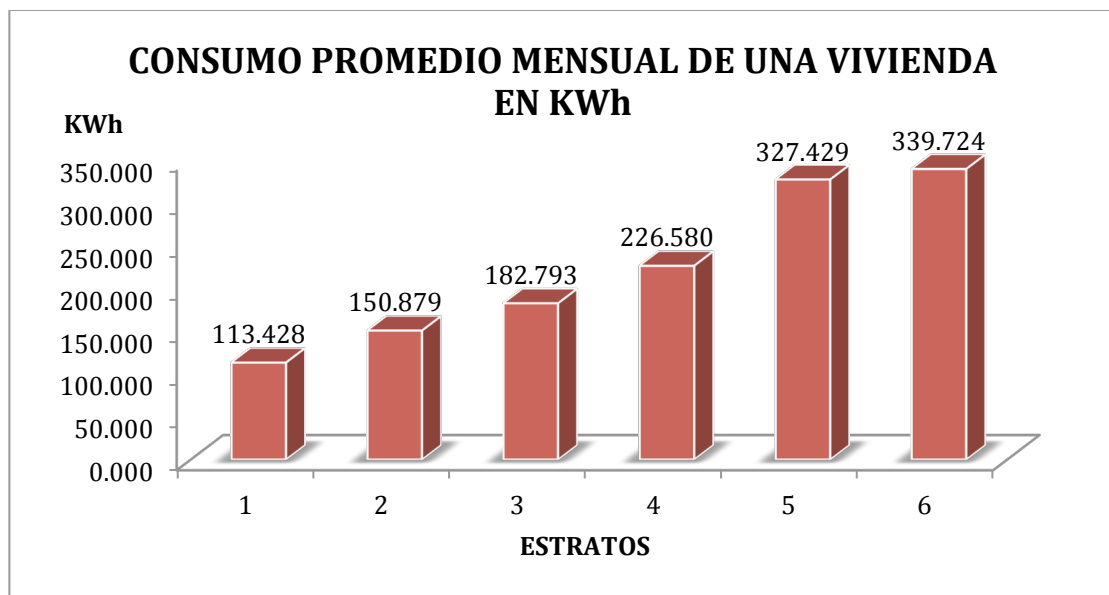


Figura 16 Consumo promedio mensual de una vivienda KWh

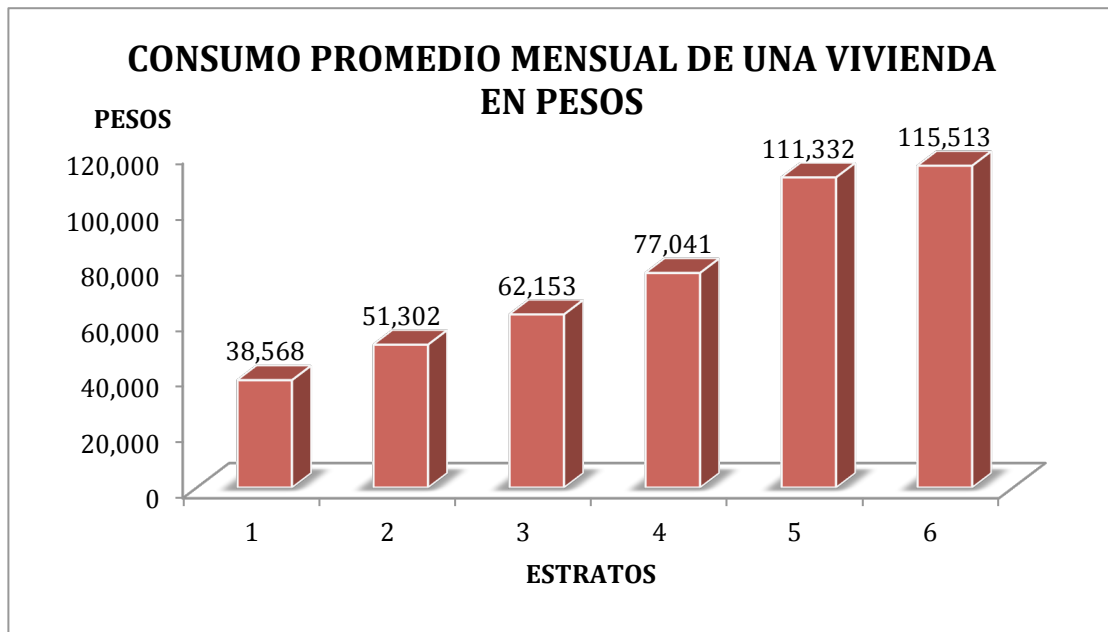


Figura 17 Consumo promedio mensual de una vivienda en pesos

8.4 Formato de la encuesta

La encuesta se dividió en 2 secciones: la primera sección fue aplicada con el fin de determinar el número de electrodomésticos y cargas eléctricas presentes en una vivienda en la ciudad de Neiva. La segunda sección se realizó con el fin de medir el grado de conocimiento y posible aceptación, por parte de la población, sobre la implementación de paneles solares para la generación de energía eléctrica en los domicilios (**Ficha técnica ver anexo 1**).

En el formato mostrado a continuación se destacan:

- Características de la vivienda
- Cargas eléctricas
- Nivel de conocimiento y aceptación de la tecnología

Sección 1. Encierre en un círculo su respuesta

1. Estrato de la vivienda que habita
 - a. 3
 - b. 4
 - c. 5
 - d. 6

2. Tipo de vivienda
 - a. Casa
 - b. Apartamento

3. Número de cuartos habitables en la vivienda (incluyendo cocina, habitaciones, baños, etc.)
 - a. 4
 - b. 5
 - c. 6
 - d. Otro Número: _____

4. ¿Cuántas bombillas o lámparas de iluminación tiene en su casa?
 - a. 5
 - b. 6
 - c. 7
 - d. Otro Número: _____

- 4.1 Tipo de bombillas o lámparas
 - a. Convencionales
 - b. Ahorradores
 - c. Led
 - d. Otro Tipo: _____

5. ¿Cuántos televisores hay en su casa?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. Otro Número: _____

- 5.1 Tipo de televisor
 - a. TRC (convencional)
 - b. Plasma
 - c. Led

6. ¿Cuántos computadores hay en su casa?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. Otro Número: _____

- 6.1 Tipo de computador
 - a. Escritorio
 - b. Portátil
 - c. Escritorio y portátil

7. ¿Cuenta con equipo de audio?
 - a. Si
 - b. No

8. ¿Cuenta con lavadora?
 - a. Si
 - b. No

- 8.1 ¿Cuántas horas a la semana la utiliza?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. Otro Número: _____

9. Cuenta con licuadora?
 - a. Si
 - b. No

- 9.1 ¿Cuántas horas a la semana la utiliza?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. Otro Número: _____

10. ¿Cuenta con plancha?
 - a. Si
 - b. No

- 10.1 ¿Cuántas horas a la semana la utiliza?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. Otro Número: _____

Trabajo tesis de grado. Diseño de electrificación y estudio de factibilidad para la implementación de paneles solares en una vivienda en la ciudad de Neiva.



¿Cuenta con nevera?

c. Si

d. No

11. ¿Cuenta con aire acondicionado?

a. Si

b. No

12.1 ¿Cuántas horas al día lo utiliza?

a. 4

b. 5

c. 6

d. Otro Número: _____

Sección 2.

1. ¿Conoce usted sobre la implementación de paneles solares para la generación de energía eléctrica en viviendas?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

2. ¿Conoce algún estudio o estadística de relación costo-beneficio para la implementación de sistemas fotovoltaicos, paneles solares, en viviendas?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

3. ¿Cree usted que esta tecnología es sumamente costosa para implementar?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

4. ¿Estaría interesado en la implementación de paneles solares en su domicilio?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

5. ¿Conoce sobre las etiquetas de eficiencia en los electrodomésticos?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

6. ¿Le gustaría tener total o parcial grado de independencia energética de la empresa electrificadora ?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

7. Si le fuera demostrado que la instalación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en su hogar es viable y rentable en el largo plazo ¿Consideraría implementarlo?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

7.1 Si su respuesta a la pregunta 7 fue NO. ¿Por qué no estaría interesado?

8. ¿Se encuentra satisfecho con la tarifa y prestación del servicio energético actual?

a. Si

b. No

c. No sabe/No responde

8.5 Proyección

Se realiza la proyección para los próximos 20 años, que es en promedio el tiempo de vida de los paneles solares, del rubro que los usuarios de cada estrato tendrán que cancelar por concepto de energía eléctrica. Teniendo en cuenta que la tasa de crecimiento anual es del 4.7%.

CONSUMO ANUAL EN PESOS POR AÑO						
ESTRATO	1	2	3	4	5	6
AÑO						
2011	500,039.00	666,920.00	807,995.00	1,001,541.00	1,736,770.00	1,808,029.00
2012	523,540.83	698,265.24	845,970.77	1,048,613.43	1,818,398.19	1,893,006.36
2013	548,147.25	731,083.71	885,731.39	1,097,898.26	1,903,862.90	1,981,977.66
2014	573,910.17	765,444.64	927,360.77	1,149,499.48	1,993,344.46	2,075,130.61
2015	600,883.95	801,420.54	970,946.72	1,203,525.95	2,087,031.65	2,172,661.75
2016	629,125.50	839,087.30	1,016,581.22	1,260,091.67	2,185,122.14	2,274,776.85
2017	658,694.40	878,524.41	1,064,360.54	1,319,315.98	2,287,822.88	2,381,691.37
2018	689,653.03	919,815.05	1,114,385.48	1,381,323.83	2,395,350.55	2,493,630.86
2019	722,066.72	963,046.36	1,166,761.60	1,446,246.05	2,507,932.03	2,610,831.51
2020	756,003.86	1,008,309.54	1,221,599.39	1,514,219.62	2,625,804.84	2,733,540.59
2021	791,536.04	1,055,700.09	1,279,014.56	1,585,387.94	2,749,217.66	2,862,017.00
2022	828,738.24	1,105,317.99	1,339,128.25	1,659,901.17	2,878,430.89	2,996,531.80
2023	867,688.93	1,157,267.94	1,402,067.28	1,737,916.53	3,013,717.15	3,137,368.79
2024	908,470.31	1,211,659.53	1,467,964.44	1,819,598.60	3,155,361.85	3,284,825.13
2025	951,168.42	1,268,607.53	1,536,958.77	1,905,119.74	3,303,663.86	3,439,211.91
2026	995,873.33	1,328,232.08	1,609,195.83	1,994,660.36	3,458,936.06	3,600,854.87
2027	1,042,679.38	1,390,658.99	1,684,828.03	2,088,409.40	3,621,506.05	3,770,095.04
2028	1,091,685.31	1,456,019.96	1,764,014.95	2,186,564.64	3,791,716.84	3,947,289.51
2029	1,142,994.52	1,524,452.90	1,846,923.65	2,289,333.18	3,969,927.53	4,132,812.12
2030	1,196,715.26	1,596,102.19	1,933,729.07	2,396,931.84	4,156,514.12	4,327,054.29
2031	1,252,960.88	1,671,118.99	2,024,614.33	2,509,587.64	4,351,870.29	4,530,425.84
TOTAL	\$ 17,272,575.34	\$ 23,037,055.00	\$ 27,910,132.04	\$ 34,595,686.30	\$ 59,992,301.96	\$ 62,453,762.86

TABLA 6. Proyección a 20 años del costo de la energía eléctrica de una vivienda, estratos 1 - 6

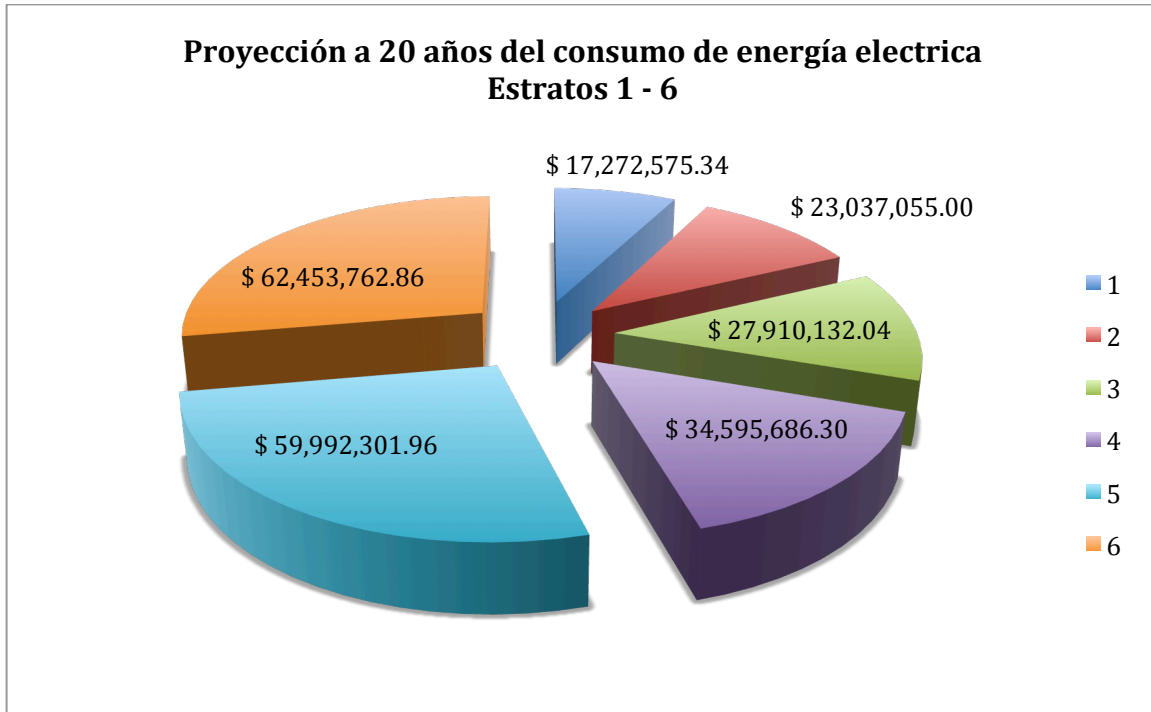


Figura 18 Proyección a 20 años del costo de la energía eléctrica de una vivienda, estratos 1 - 6

Partiendo de los datos obtenidos en la proyección se observa que los estratos más viables para la aplicación son: 3, 4, 5 y 6. En estos estratos la recuperación de la inversión se produciría dentro de los límites de fechas estipuladas, debido a su superior consumo en pesos y a que el prospecto de rentabilidad es más elevado, especialmente para los estratos 5 y 6.

9. DISEÑO

Dentro del diseño se contemplarán 4 propuestas: a) sistema híbrido con el cual sólo se energizarán las luminarias; b) sistema híbrido similar al enunciado inicial con la adición de cargas pequeñas, como lo son: televisor LED, computador portátil y una toma para cargas pequeñas como los cargadores de celulares; c) sistema híbrido para energización exclusiva de aire acondicionado, este sistema sólo funcionará durante el día, es decir, no contará con un banco de baterías de reserva; y finalmente d) el sistema stand-alone, el cual proveerá de energía eléctrica a toda la vivienda

Los cálculos realizados para estas propuestas se realizarán tomando como base una casa modelo, la cual consta de 3 habitaciones, sala comedor, cocina, patio y 2 baños (**ver Plano de la vivienda Anexo 3**). El cálculo de las cargas se realizará con elementos electrónicos que sean de la más alta eficiencia, etiquetas energéticas¹⁷ A, B o C. Es decir, electrodomésticos y luminarias que consumen menor cantidad de energía.

9.1 Alumbrado General

De la figura 33 se observa que la mayor parte de la energía en una vivienda se destina a la iluminación, por esto es crucial que los elementos utilizados para este fin sean de la más alta eficiencia. De acuerdo a las características del inmueble y en concordancia con el artículo 210-70 inciso a) de la norma NTC¹⁸ 2050 (el cual indica que en cada cuarto habitable se debe instalar al menos una salida para alumbrado) se presume que se requerirían 9 bombillas. No obstante, el nivel de iluminación y por consiguiente el número de bombillas de la vivienda dependerá del espacio y las tareas que en él se realizarán.

Las recomendaciones para los niveles de iluminación residencial según la Unidad de Planeación Minero Energética –UPME son las siguientes:

- Dormitorio: 150 luxes
- Sala y comedor: 300 luxes
- Cocina: 200 luxes
- Baño: 100 luxes

Con estas especificaciones y teniendo en cuenta que las bombillas a utilizar serán de 1000 y 500 Lúmenes, se procede a calcular el nivel de iluminación [NI], el coeficiente de utilización [CU] y el factor o coeficiente de conservación de la

¹⁷ <http://www.etiquetaenergetica.com>

luz [CC], con el fin de determinar el número de bombillas a utilizar en cada espacio de la vivienda.

Nota: Los resultados de los cálculos del número de bombillas obtenidos serán utilizados en los 4 modelos, esto debido a que la casa modelo a utilizar será la misma.

9.1.1 Sala - comedor

Especificaciones del espacio a iluminar: 300 luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 300[\text{lux}] * 21.12[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 6,336[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

El coeficiente de utilización [CU] se obtiene de las tablas del capítulo VI del manual de alumbrado de Westinghouse. No obstante para encontrar su valor se deben obtener los valores de reflectancia de las superficies de las paredes y el techo (Ver anexo 3).

<i>Techo de draywall blanco</i>	<i>Luz reflejada 75 – 85 %(80%)</i>
<i>Paredes estucadas blancas</i>	<i>Luz reflejada 75 - 85%(50%)</i>

La relación de cavidad del Local [R_{CL}]¹⁹ es

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(6.50 + 3.25)}{6.50 * 3.25} \quad R_{CL} = 4.03$$

Donde:

Altura total del techo: 2.50 [m]

Altura del plano de trabajo: 0.75 [m]

Área: 21.12 [m²]

Largo: 6.50 [m]

Ancho: 3.25 [m]

Y utilizando como guía una lámpara reflectora de filamento R-57²⁰ tenemos que:

$$CU = 0.88$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

$$CC = 0.8$$

¹⁹ Nota: debido a que las luminarias estarán a nivel del techo no hay que corregir la reflectancia del techo.

²⁰ Manual de iluminación, Westinghouse, pág. 120

El número de lámparas requeridas es:

$$\text{Número de lámparas} = \frac{NI * \text{Área}}{\text{Lúmens / lámpara} * CU * CC}$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{300 * 21.12}{1000 * 0.88 * 0.8} = 9$$

Con el propósito de bajar la potencia total del sistema y evitar el efecto de deslumbramiento se disminuye en un 30% el nivel de iluminación de la norma, esto sin afectar la correcta iluminación del lugar

$$\text{Número de lámparas} = \frac{210 * 21.12}{1000 * 0.88 * 0.8} = 6.3 \cong 6$$

NOTA: el cálculo anterior será efectuado de igual manera para todos los espacios de la vivienda.

9.1.2 Cocina

Especificaciones del espacio a iluminar: 200 luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 200[\text{lux}] * 4.2[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 840[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

Techo de madera

Luz reflejada 30 – 50 %(50%)

Paredes estucadas blancas

Luz reflejada 75 - 85%(50%)

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(2.10 + 2.0)}{2.10 * 2.0} \quad R_{CL} = 8.75$$

Altura total del techo: 2.50 [m]

Altura del plano de trabajo: 0.75 [m]

Área: 4.2 [m²]

Largo: 2.00 [m]

Ancho: 2.10 [m]

$$CU = 0.62$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

$$CC = 0.6$$

$$\text{Número de lamparas} = \frac{200 * 4.2}{1000 * 0.62 * 0.6} = 2.25 \cong 2$$

Corrección número de lámparas

$$\text{Número de lamparas} = \frac{140 * 4.2}{1000 * 0.62 * 0.6} = 1.58 \cong 1$$

El número de bombillas se aproximó a 1, debido a que la cocina sólo requiere 840 lúmenes y la bombilla es de 1000 Lúmenes.

9.1.3 Habitación principal

Especificaciones del espacio a iluminar: 150 Luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 150[\text{lux}] * 11.22[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 1683[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

Techo de draywall blanco

Luz reflejada 75 – 85 %(80%)

Paredes estucadas blancas

Luz reflejada 75 - 85%(50%)

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(3.40 + 3.30)}{3.40 * 3.30} \quad R_{CL} = 5.22$$

Altura total del techo: 2.50 [m]

Altura del piso al lugar a iluminar (cama): 0.75 [m]

Área: 11.22 [m²]

Largo: 3.40 [m]

Ancho: 3.30 [m]

$$CU = 0.82$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

$$CC = 0.8$$

$$\text{Número de lamparas} = \frac{150 * 11.22}{1000 * 0.82 * 0.8} = 2.56 \cong 2$$

Corrección número de lámparas

$$\text{Número de lámparas} = \frac{105 * 11.22}{1000 * 0.82 * 0.8} = 1.79 \cong 1$$

El número de lámparas se aproxima a 1, debido a la utilización que se le da a este espacio

9.1.4 Habitación secundaria I

Especificaciones del espacio a iluminar: 150 Luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 150[\text{lux}] * 10.56[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 1584[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

Techo de draywall blanco Luz reflejada 75 – 85 %(80%)
Paredes estucadas blancas Luz reflejada 75 - 85%(50%)

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(3.20 + 3.30)}{3.20 * 3.30} \quad R_{CL} = 5.38$$

Altura total del techo: 2.50 [m]
Altura del plano de trabajo: 0.75 [m]
Área: 10.56 [m²]
Largo: 3.20 [m]
Ancho: 3.30 [m]

$$CU = 0.82$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

$$CC = 0.8$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{150 * 10.56}{1000 * 0.82 * 0.8} = 2.41 \cong 2$$

Corrección número de lámparas

$$\text{Número de lámparas} = \frac{105 * 10.56}{1000 * 0.82 * 0.8} = 1.69 \cong 1$$

El número de lámparas se aproxima a 1, debido a la utilización que se le da a este espacio

9.1.5 Habitación secundaria II

Especificaciones del espacio a iluminar: 150 Luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 150[\text{lux}] * 10.95[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 1642[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

Techo de draywall blanco
Paredes estucadas blancas

Luz reflejada 75 – 85 %(80%)

Luz reflejada 75 - 85%(50%)

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(3.00 + 3.65)}{3.00 * 3.65} \quad R_{CL} = 5.31$$

Altura total del techo: 2.50 [m]

Altura del plano de trabajo: 0.75 [m]

Área: 10.95 [m²]

Largo: 3.00 [m]

Ancho: 3.65 [m]

$$CU = 0.82$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

$$CC = 0.8$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{150 * 10.95}{1000 * 0.82 * 0.8} = 2.49 \cong 2$$

Corrección número de lámparas

$$\text{Número de lámparas} = \frac{105 * 10.95}{1000 * 0.82 * 0.8} = 1.74 \cong 1$$

Nuevamente el número de lámparas se aproximó a 1, debido a la utilización que se le da a este espacio

9.1.6 Baño principal

Especificaciones del espacio a iluminar: 100 Luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 100[\text{lux}] * 2.42[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 242[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

Techo blanco

Luz reflejada 75 – 85 %(80%)

Paredes blancas

Luz reflejada 75 - 85%(50%)

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(1.10 + 2.20)}{1.10 * 2.20} \quad R_{CL} = 11.93$$

Altura total del techo: 2.50 [m]

Altura del plano de trabajo: 0.75 [m]

Área: 2.42 [m²]

Largo: 2.20 [m]

Ancho: 1.10 [m]

$$CU = 0.58$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

$$CC = 0.6$$

$$\text{Número de lamparas} = \frac{100 * 2.42}{500 * 0.58 * 0.6} = 1.39 \cong 1$$

9.1.7 Baño secundario

Especificaciones del espacio a iluminar: 100 Luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 100[\text{lux}] * 2.48[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 248[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

Techo blanco

Luz reflejada 75 – 85 %(80%)

Paredes blancas

Luz reflejada 75 - 85%(50%)

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(2.25 + 1.10)}{2.25 * 1.10} \quad R_{CL} = 11.81$$

Altura total del techo: 2.50 [m]
 Altura del plano de trabajo: 0.75 [m]
 Área: 2,48 [m²]
 Largo: 1.10 [m]
 Ancho: 2.25 [m]

$$CU = 0.58$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

$$CC = 0.6$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{100 * 2.48}{500 * 0.58 * 0.6} = 1.42 \cong 1$$

9.1.8 Cuarto de ropas

Especificaciones del espacio a iluminar: 100 Luxes

$$NI = \frac{\text{Lumens}}{\text{Área}} \quad \text{Lumens} = 100[\text{lux}] * 2.52[\text{m}^2] \quad \text{Lumens} = 252[\text{lux} \cdot \text{m}^2]$$

Techo blanco
 Paredes blancas

Luz reflejada 75 – 85 %(80%)
 Luz reflejada 75 - 85%(50%)

$$R_{CL} = \frac{5H(\text{Longitud} + \text{Ancho})}{\text{Longitud} * \text{Ancho}} \quad R_{CL} = \frac{5 * 1.75(1.20 + 2.10)}{1.20 * 2.10} \quad R_{CL} = 11.45$$

Altura total del techo: 2.50 [m]
 Altura del plano de trabajo: 0.75 [m]
 Área: 2,52 [m²]
 Largo: 1.20 [m]
 Ancho: 2.10 [m]

$$CU = 0.58$$

Adoptando un coeficiente de conservación de:

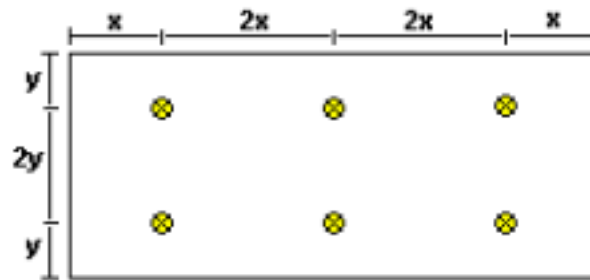
$$CC = 0.6$$

$$\text{Número de lámparas} = \frac{100 * 2.52}{500 * 0.58 * 0.6} = 1.44 \cong 1$$

9.1.9 Distribución y consumo eléctrico de luminarias

Para obtener una máxima eficiencia es necesaria una ubicación estratégica de las luminarias en cada espacio del inmueble utilizando el sistema de iluminación directa; a continuación se ilustra la posición de cada una de las 13 bombillas, como también se muestra la tabla de consumo de energía eléctrica.

- *Sala y comedor*



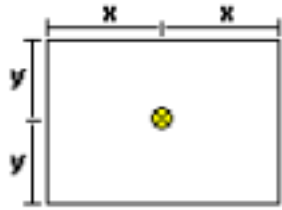
$$6x = 6.50$$

$$x = 1.08[m]$$

$$4y = 3.25$$

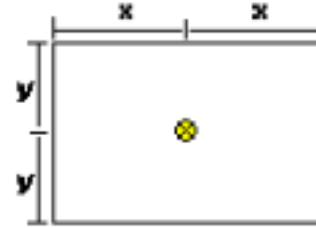
$$y = 0.81[m]$$

- *Cocina*



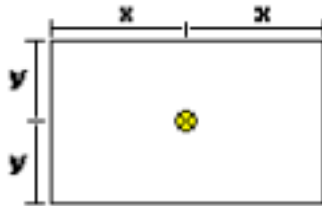
$$\begin{aligned} 2x &= 2.00 & 2y &= 2.10 \\ x &= 1.00[m] & y &= 1.05[m] \end{aligned}$$

- *Habitación secundaria II*



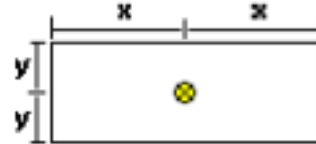
$$\begin{aligned} 2x &= 3.00 & 2y &= 3.05 \\ x &= 1.5[m] & y &= 1.52[m] \end{aligned}$$

- *Habitación principal*



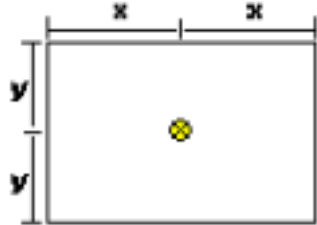
$$\begin{aligned} 2x &= 3.40 & 2y &= 3.30 \\ x &= 1.7[m] & y &= 1.65[m] \end{aligned}$$

- *Baño principal*



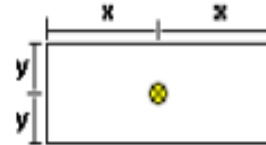
$$\begin{aligned} 2x &= 2.20 & 2y &= 1.10 \\ x &= 1.1[m] & y &= 0.55[m] \end{aligned}$$

- *Habitación secundaria I*



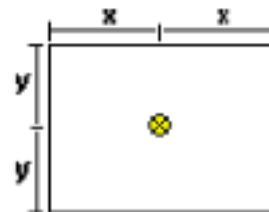
$$\begin{aligned} 2x &= 3.20 & 2y &= 3.30 \\ x &= 1.6[m] & y &= 1.65[m] \end{aligned}$$

- *Baño secundario*



$$\begin{aligned} 2x &= 1.10 & 2y &= 2.25 \\ x &= 0.55[m] & y &= 1.12[m] \end{aligned}$$

- *Cuarto de ropas*



$$\begin{aligned} 2x &= 1.20 & 2y &= 2.10 \\ x &= 0.6[m] & y &= 1.05[m] \end{aligned}$$

Figura 19 Diagrama disposición de luminarias

NÚMERO DE BOMBILLAS								
Número de bombillas	Área o Zona	Tipo	Lumens	Consumo Total (W)	Horas de Funcionamiento diario	Energía diaria (Wh/día)	Energía mensual (Wh/mes)	Energía anual (Wh/año)
6	Sala-Comedor	AC/DC	1000	60	4	240.0	7,200.0	86,400.0
1	Cocina	AC/DC	1000	10	1.5	15.0	450.0	5,400.0
1	Baño principal	AC/DC	500	5	0.5	2.5	75.0	900.0
1	Baño secundario	AC/DC	500	5	0.25	1.3	37.5	450.0
1	Habitación Ppal.	AC/DC	1000	10	2	20.0	600.0	7,200.0
1	Habitación S.	AC/DC	1000	10	2	20.0	600.0	7,200.0
1	Habitación S.	AC/DC	1000	10	2	20.0	600.0	7,200.0
1	Cuarto de ropas	AC/DC	500	5	0.5	2.5	75.0	900.0
1	Patio	AC/DC	500	5	0.25	1.3	37.5	450.0
TOTAL						322.5	9,675.0	116,100.0

TABLA 7. Número de bombillas y potencia requerida

De acuerdo a la Tabla 11 el consumo de energía eléctrica utilizado por las 13 luminarias de la vivienda en un día es de 0.32 kWh, consumo que será utilizado para realizar los diseños de las propuestas a, b y d.

9.2 Sistema 1. Híbrido, sólo luminarias

Este sistema consta de una carga diaria de 322.5kWh (ver tabla 7), 14 bombillas LED, el cual será utilizado principalmente en la noche.

$$E_{elec} = 322.5[\text{Wh} / \text{día}]$$

9.2.1 Determinación de número de paneles

Trabajando con los meses del año con las radiaciones más desfavorables, Julio y Diciembre (ver Figura 4), correspondientes a 4.1kWh/m² se calculará la energía que deberá ser generada diariamente. Esto, tomando como referencia el STC²¹, un panel solar policristalino de 210W y las 12 horas diarias de iluminación que presenta la ubicación (ver Figura 5).

²¹ Standard Test Condition

4,1 horas \Rightarrow $1000w/m^2$ En una superficie de $1m^2$ bajo condiciones estándares

Ahora bien la energía diaria producida por 1 panel es:

$$P_p = 210[W] * 4.1[horas] \quad P_p = 861[Wh]$$

A causa de que el valor de 861Wh sería obtenido bajo condiciones estándares es necesario calcular las pérdidas por temperatura Z_T , ángulo de inclinación del panel Z_L , perdidas por conversión en la batería y en los cables.

$$E_p = P_p * Z_L * Z_T \quad E_p = 861[Wh] * Z_L * 0.86 \quad E_p = 740.46[Wh] * Z_L$$

$$V = V_L * V_u * V_a$$

En donde:

E_p : Energía producida por el panel [Wh]

$V_L = 0.94 \Rightarrow$ 6% Perdida en los cables

$V_u = 0.9 \Rightarrow$ 10% Perdidas por efectos de conversión DC/AC y/o AC/DC en la batería

$V_a = 0.9 \Rightarrow$ 10% perdidas por conexiones fallidas

$$E_{real} = E_p * V \quad E_{real} = 740.46[Wh] * Z_L * 0.76 \quad E_{real} = 562.74[Wh] * Z_L$$

Con lo cual obtenemos que sólo un panel es requerido, teniendo un excedente de 191.94Wh, el cual incrementa las horas de uso previstas.

9.2.2 Calculo banco de baterías

Debido a su popularidad en el comercio se trabajará con baterías de 12V output; No obstante, el banco de baterías será de 24V output, utilizando baterías de 12V, con la mitad del valor nominal de amperaje, en paralelo.

Teniendo que:

C_n : Capacidad de batería

w : Promedio de consumo diario

f : Días de autonomía

V_n : Voltaje de salida del banco de baterías

$$C_n = \frac{2 * w * f}{V_n} \quad C_n = \frac{2 * 562.74 * 1}{24} \quad C_n = 46.89[Ah]$$

Las baterías se dimensionan con una capacidad 50% mayor de la nominal requerida para compensar las pérdidas por ciclaje de corriente. Con esto se requerirá un banco de baterías de ciclo profundo con capacidad mínima de 70.34Ah

9.2.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga

La calidad y eficacia del controlador de carga va directamente ligada al inversor. En este caso, el propósito es alimentar dispositivos que no requieren una señal senoidal pura, entonces es recomendable utilizar un inversor con transformador, el cual este un 50% por encima del valor nominal requerido. Esto es, un inversor y un controlador de carga con capacidades iguales o superiores a 315W y 13.13A

9.2.4 Dimensionamiento del cableado del sistema

El sistema trabajará con corriente directa (DC) visto desde el inversor hacia atrás. En contraste todas las cargas se manejarán con corriente alterna AC, visto después del inversor, por lo tanto se hará uso de la red existente de la casa y se utilizará un conmutador para el cambio de DC a AC en caso de emergencia.

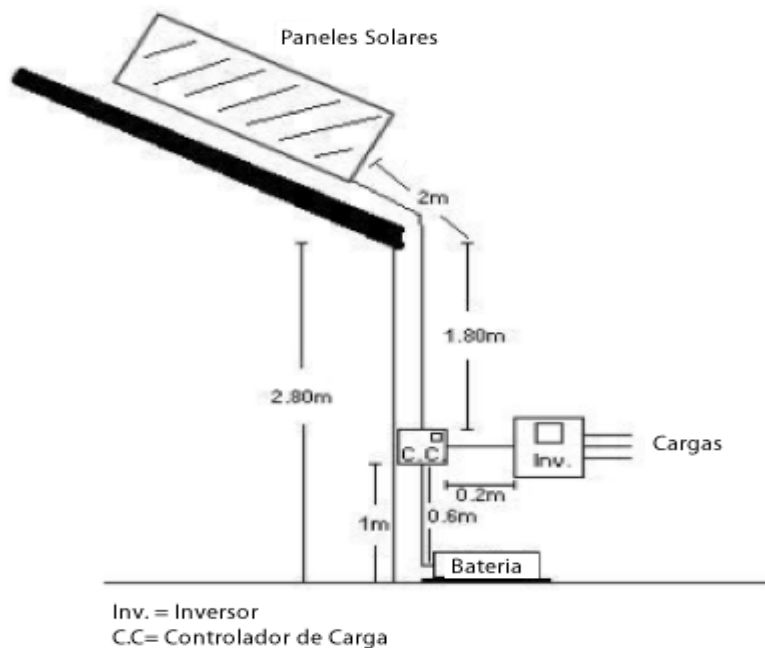


Figura 20 Diagrama sistema fotovoltaico, visto desde el inversor hacia atrás

Utilizando la ecuación presentada a continuación y con las medidas del cuarto de ropas, sitio en donde se ubicará el control del sistema y baterías (**ver anexo 3**), se calculará el diámetro de los cables para los diferentes tramos vistos desde el inversor hacia atrás. Es decir, se calculara el calibre del cable requerido desde el inversor hasta el controlador de cargar; también el cable necesario desde el panel solar hasta el controlador de carga, y así sucesivamente de acuerdo a la Figura 22.

$$A = \frac{L * P}{3\% * V^2 * k}$$

Donde:

A: Sección diagonal del cable [mm²]

L : Longitud del cable (Cable positivo + Cable negativo) [m]

P : Potencia transferida en el cable [W]

V : Voltaje del sistema [V]

k : Conductividad Eléctrica (Aluminio k=56; Cobre k=34)

Diámetro inversor – controlador de carga

$$A_{inv-cc} = \frac{(0.4) * (562.74 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{inv-cc} = 0.23Z_L$$

Diámetro controlador de carga – Batería.

$$A_{cc-batt} = \frac{(1.2) * (562.74 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{cc-batt} = 0.69Z_L \quad 19AWG$$

Diámetro PV array – controlador de carga

$$A_{pv-cc} = \frac{(7.6) * (562.74 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{pv-cc} = 4.41Z_L \quad 10AWG$$

Tomando en cuenta que la mayor carga para este sistema es presentada entre el PV array y el controlador de carga, de los valores calculados anteriormente y la tabla AWG (**ver anexo 5**) tenemos que el calibre AWG necesario para el tendido eléctrico del sistema es 10 AWG.

Nota: Los cálculos anteriormente realizados para el sistema híbrido, sólo luminarias- serán realizados de igual manera para los otros sistemas difiriendo entre ellos la carga a implantar. Los resultados se representarán de forma resumida y tabular.

9.3 Sistema 2. Híbrido, luminarias y cargas menores

Una vez identificadas las cargas y la energía eléctrica consumida por las mismas, ver Tabla 8, se obtiene el número de elementos y las capacidades necesarias para la implementación.

ILUMINACIÓN Y CARGAS PEQUEÑAS							
Tipo	Área o Zona	Tipo	Consumo Total (W)	Horas de uso diario	Energía diaria (Wh/día)	Energía mensual (Wh/mes)	Energía anual (Wh/año)
Tv LED LG	Sala comedor	AC	110	4	440.0	13,200.0	158,400.0
Portátil	Habitación	AC	45	4	180.0	5,400.0	64,800.0
Toma	Carg./Otro	AC	40	2	80.0	2,400.0	28,800.0
Iluminación		AC/DC			322.5	9,675.0	116,100.0
TOTAL					1,022.5	30,675.0	368,100.0

TABLA 8. Cargas sistema híbrido, luminarias y cargas menores

$$E_{elec} = 1,022.5 [Wh / día] \Rightarrow \text{Carga diaria.}$$

9.3.1 Determinación de número de paneles

Utilizando 2 paneles:

$$P_p = 420 [W] * 4.1 [horas] \quad P_p = 1,722 [Wh]$$

$$E_p = 1,480.92 [Wh] * Z_L$$

$$E_{real} = 1,125.50 [Wh] * Z_L \Rightarrow \text{Energía diaria generada por los 2 paneles}$$

9.3.2 Calculo banco de baterías

$$C_n = \frac{2 * w * f}{V_n} \quad C_n = \frac{2 * 1,125.50 * 1}{24} \quad C_n = 93.79 [Ah]$$

Se requerirá un banco de baterías con capacidades iguales o superiores a 140.68Ah.

9.3.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga

Aunque en este sistema se están alimentando elementos electrónicos además de las luminarias, debido a la naturaleza de los mismos, no es esencial que el inversor reproduzca una onda senoidal pura. Para tales efectos la utilización de un inversor con transformador es apropiada considerando tanto los factores de eficiencia como los económicos. Las especificaciones para los dispositivos son respectivamente de 630W y 26.25A.

9.3.4 Dimensionamiento del cableado del sistema

En este sistema la mayor carga es presentada por los electrodomésticos y las luminarias. No obstante, al realizar el cálculo del calibre del alambre se obtiene un calibre mucho mayor al que realmente necesitaría el sistema. Esto, a causa de la distancia a la que han sido dispuestos el inversor y el controlador de carga.

Área sección transversal inversor – controlador de carga

$$A_{inv-cc} = \frac{(0.4) * (1,022.5 * Z_{\angle})}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{inv-cc} = 0.42Z_{\angle} \quad 20AWG$$

Área sección transversal controlador de carga – Batería.

$$A_{cc-batt} = \frac{(1.2) * (1,022.5 * Z_{\angle})}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{cc-batt} = 1.26Z_{\angle} \quad 16AWG$$

Área sección transversal PV array – controlador de carga

$$A_{pv-cc} = \frac{(7.6) * (1,022.5 * Z_{\angle})}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{pv-cc} = 8.03Z_{\angle} \quad 8AWG$$

Debido a que el controlador de carga siempre mantendrá el nivel de corriente, y a que la sección en la que la mayor carga es presentada es de tan sólo 20cm el cable 8AWG es adecuado para la aplicación.

9.4 Sistema 3. Híbrido, aire acondicionado

El dispositivo de aire acondicionado referencia para este sistema es:

- 9000BTU a 220V AC
- 3.1A Corriente de arranque
- 3.1A Consumo de corriente

Este aparato cuenta con una potencia de 682W y acorde con las horas de uso presentadas por los habitantes de la ciudad (**Ver resultado encuesta Anexo 1.1**), la energía eléctrica requerida diariamente es:

$$E_{elec} = 682[W] * 5[h] \quad E_{elec} = 3,410[Wh / día]$$

9.4.1 Determinación de número de paneles

Utilizando 7 paneles:

$$P_p = 1,470[W] * 4.1[horas] \quad P_p = 6,027[Wh]$$

$$E_p = 5,183.22[Wh] * Z_L$$

$$E_{real} = 3,939.25[Wh] * Z_L \Rightarrow \text{Energía diaria generada por los 6 paneles}$$

9.4.2 Calculo banco de baterías

En este caso los días de autonomía no son menester. Por el contrario un banco de baterías que alimente y mantenga estable el sistema si lo es, con esto se realiza el cálculo del banco para que almacene la energía necesaria para un día de trabajo.

$$C_n = \frac{2 * w * f}{V_n} \quad C_n = \frac{2 * 3,939.25 * 1}{24} \quad C_n = 328.27[Ah]$$

Obteniendo con ello que es necesario un banco de baterías de 328.27Ah como mínimo.

9.4.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga

El dispositivo inversor debe constar con características de potencia iguales o superiores a 1470W y el controlador de carga con 61.25A

9.4.4 Dimensionamiento del cableado del sistema

Área sección transversal inversor – controlador de carga

$$A_{inv-cc} = \frac{(0.4) * (3,939.25 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{inv-cc} = 1.62Z_L \quad 15AWG$$

Área sección transversal controlador de carga – Batería.

$$A_{cc-batt} = \frac{(1.2) * (3,939.25 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{cc-batt} = 4.88Z_L \quad 10AWG$$

Área sección transversal PV array – controlador de carga

$$A_{pv-cc} = \frac{(7.6) * (3,939.25 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{pv-cc} = 30.93Z_L \quad 2AWG$$

El calibre acorde a este sistema es de 2 AWG.

9.5 Sistema 4. Stand-Alone

Conociendo de antemano que el consumo eléctrico de las luminarias es de 0.32kWh por día se procede a realizar el cálculo de las cargas de los electrodomésticos en la vivienda

9.5.1 Cargas de Electrodomésticos

Los dispositivos seleccionados son los esencialmente requeridos y generalmente encontrados en una vivienda

ELECTRODOMÉSTICOS							
Tipo	Área o Zona	Tipo	Consumo Total (W)	Horas de uso diario	Energía diaria (Wh/día)	Energía mensual (Wh/mes)	Energía anual (Wh/año)
Tv LED LG	Sala comedor	AC	110	4	440	13,200	158,400
Equipo de Audio	Sala comedor	AC	100	0.2	20	600	7,200
Nevera DC FR16	Cocina	DC	470	14	6,580	197,400	2,368,800
Licuada	Cocina	AC	500	1	500	15,000	180,000
Lavadora	Cocina	AC	1000	1	1,000	30,000	360,000
Plancha	Habitación	AC	1200	1	1,200	36,000	432,000
Portátil	Habitación	AC	45	4	180	5,400	64,800
Toma	Cargador/Otro	AC	100	2	200	6,000	72,000
TOTAL					10,120	303,600	3,643,200

TABLA 9. Potencia y tipo de electrodomésticos

Dado el consumo de energía eléctrica utilizado por los electrodomésticos, 10.12kWh, y por las luminarias es posible elaborar el cuadro de cargas diaria requerida en el inmueble.

TOTAL CARGAS ELÉCTRICAS			
Carga	Energía diaria (Wh/día)	Energía mensual (Wh/mes)	Energía anual (Wh/año)
Iluminación	322.5	9,675.0	116,100.0
Electrodomésticos	10,120.0	303,600.0	3,643,200.0
TOTAL	10,442.5	313,275.0	3,759,300.0

TABLA 10. Total cargas eléctricas del sistema Stand-alone

El sistema requeriría como mínimo $E_{elec} = 10,442.5 [Wh / día]$ de energía eléctrica.

9.5.2 Determinación de número de paneles

4,1 horas \Rightarrow $1000w/m^2$ En una superficie de $1m^2$ bajo condiciones estándares

Ahora bien la energía diaria producida por 19 paneles es:

$$P_p = 3,990[W] * 4.1[horas] \quad P_p = 16,359[Wh]$$

Como 16,359Wh es el valor obtenido bajo condiciones estándares se realiza nuevamente el calculo con los diferentes tipos de perdidas

$$E_p = P_p * Z_L * Z_T \quad E_p = 16,359[Wh] * Z_L * 0.86 \quad E_p = 14,068.74[Wh] * Z_L$$

$$V = V_L * V_u * V_a$$

En donde:

E_p : Energía producida por el panel [Wh]

$V_L = 0.94 \Rightarrow$ 6% Perdida en los cables

$V_u = 0.9 \Rightarrow$ 10% Perdidas por efectos de conversión DC/AC y/o AC/DC en la batería

$V_a = 0.9 \Rightarrow$ 10% perdidas por conexiones fallidas

$$E_{real} = E_p * V \quad E_{real} = 14,068.74[Wh] * Z_L * 0.76 \quad E_{real} = 10,692.24[Wh] * Z_L$$

Obteniendo así la energía necesaria de 19 paneles.

9.5.3 Calculo banco de baterías

Nuevamente se trabajará con baterías de 12V output; No obstante, el banco de baterías será de 24V output, utilizando baterías de 12V, con la mitad del valor nominal de amperaje, en paralelo.

$$C_n = \frac{2 * w * f}{V_n} \quad C_n = \frac{2 * 10,692.24 * 1}{24} \quad C_n = 891.02[Ah]$$

Adicionando un factor de seguridad del 70% del valor inicial, se requerirá un banco de baterías de ciclo profundo con una capacidad mínima de 1514.73Ah para obtener una autonomía de 1 día

9.5.3 Dimensionamiento del inversor y controlador de carga

Para este sistema es esencial que el inversor cuente con una onda de salida lo más senoidal posible, inversores electrónicos, esto con el fin de no dañar algunos electrodomésticos sensibles. Esto es, un inversor y un controlador de carga con capacidades iguales o superiores a 3990W y 166.25A

9.5.4 Dimensionamiento del cableado del sistema

$$A = \frac{L * P}{3\% * V^2 * k}$$

Donde:

A: Sección diagonal del cable [mm²]

L: Longitud del cable (Cable positivo + Cable negativo) [m]

P: Potencia transferida en el cable [W]

V: Voltaje del sistema [V]

k: Conductividad Eléctrica (Aluminio k=56; Cobre k=34)

Diámetro inversor – controlador de carga

$$A_{inv-cc} = \frac{(0.4) * (10,692.24 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{inv-cc} = 4.41Z_L \quad 11 \text{ AWG}$$

Diámetro controlador de carga – Batería.

$$A_{cc-batt} = \frac{(1.2) * (10,692.24 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{cc-batt} = 13.25Z_L \quad 6 \text{ AWG}$$

Diámetro PV array – controlador de carga

$$A_{pv-cc} = \frac{(7.6) * (10,692.24 * Z_L)}{0.03 * (24)^2 * 56} \quad A_{pv-cc} = 83.97Z_L \quad 0/00 \text{ AWG}$$

De los valores calculados anteriormente y la tabla AWG (**ver anexo 5**) deducimos que el calibre AWG necesario para el tendido eléctrico de este sistema es el 0/00 AWG.

10. COSTOS ESTIMADOS DE LOS SISTEMAS

La estimación de los costos se ha realizado de la siguiente manera:

- Especificaciones de los equipos. Se han empleado las especificaciones mínimas calculadas en el numeral 9
- Costos unitarios. Para los costos unitarios se han tomado como base los costos de proveedores nacionales.
- EL IVA esta calculado a la tasa del 16%

10.1 Sistema 1. Hibrido, sólo luminarias

Sistema 1 - Sólo Luminarias				
Descripcion	Tipo	Precio Unidad	Cantidad	Precio Total
1 Foot Battery Cable - BC-1, 2/0 AWG	Cable	\$ 19,890.00	1	\$ 65,255.91
AGM Solar Battery 35A-12V	Bateria	\$ 210,207.05	2	\$ 420,414.10
SUN Solar Panel 210 Watts 18.70 Vmp \$1.48US / Watt	Panel	\$ 757,575.00	1	\$ 757,575.00
Midnite Solar Breaker - MNEPV20	Protector	\$ 25,350.00	1	\$ 25,350.00
OBB-80-150VDC120VAC-PNL	Interruptor	\$ 62,156.25	1	\$ 62,156.25
Cable de Interconexion 10 AWG	Cable	\$ 2,885.55	8.8	\$ 83,309.84
Steca PR 1515 12/24V-15A-Solar Charge Controler w/LCD	Controlador	\$ 279,860.00	1	\$ 279,860.00
Midnight Solar Combiner Box MNPV6	Caja AC	\$ 265,687.50	1	\$ 265,687.50
Steca Grid 300 MC4 Inverter	Inversor	\$ 869,316.00	1	\$ 869,316.00
Transporte	Transporte	\$ 3,139,500.00	0.4	\$ 1,255,800.00
Instalacion y puesta a marcha	Instalacion	\$ 500,000.00	1	\$ 500,000.00
	Subtotal			\$ 4,584,724.60
	IVA	16%		\$ 733,555.94
TOTAL				\$ 5,318,280.53

TABLA 11. Costos Sistema 1 – sólo luminarias

10.2 Sistema 2. Híbrido, luminarias y cargas menores

Sistema 2 - Luminarias y cargas menores				
Descripcion	Tipo	Precio Unidad	Cantidad	Precio Total
1 Foot Battery Cable - BC-1, 2/0 AWG	Cable	\$ 19,890.00	1	\$ 65,255.91
Power Kingdom Solar Battery 12V-75A	Bateria	\$ 288,397.00	2	\$ 576,794.00
SUN Solar Panel 210 Watts 18.70 Vmp \$1.48US / Watt	Panel	\$ 757,575.00	2	\$ 1,515,150.00
Midnite Solar Breaker - MNEPV20	Protector	\$ 25,350.00	4	\$ 101,400.00
Solar Panel Cable - MC4 Connectors 25ft	Cable	\$ 76,659.38	2	\$ 20,173.52
OBB-80-150VDC120VAC-PNL	Interruptor	\$ 62,156.25	2	\$ 124,312.50
Cable de Interconexion 8 AWG	Cable	\$ 3,613.24	8.8	\$ 104,319.27
Steca PR 3030 24V-30A- Solar Charge Controller w/LCD	Controlador	\$ 372,260.00	1	\$ 372,260.00
Midnight Solar Combiner Box MNPV6	Caja AC	\$ 265,687.50	1	\$ 265,687.50
1000W pure sine wave inverter	Inversor	\$ 535,000.18	1	\$ 535,000.18
Transporte	Transporte	\$ 3,139,500.00	0.4	\$ 1,255,800.00
Instalacion y puesta a marcha	Instalacion	\$ 500,000.00	1.1	\$ 550,000.00
	Subtotal			\$ 5,486,152.87
	IVA	16%		\$ 877,784.46
TOTAL				\$ 6,363,937.33

TABLA 12. Costos Sistema 2 – Luminarias y cargas menores

10.3 Sistema 3. Híbrido, aire acondicionado

Sistema 3 - Aire Acondicionado				
Descripcion	Tipo	Precio Unidad	Cantidad	Precio Total
1 Foot Battery Cable - BC-1, 2/0 AWG	Cable	\$ 19,890.00	2.5	\$ 163,139.76
Sun-Xtender Battery - PVX-1040T - 12V - 104Amp Hour	Bateria	\$ 572,000.00	6	\$ 3,432,000.00
SUN Solar Panel 210 Watts 18.70 Vmp \$1.48US / Watt	Panel	\$ 757,575.00	7	\$ 5,303,025.00
Midnite Solar Breaker - MNEPV20	Protector	\$ 25,350.00	2	\$ 50,700.00
Solar Panel Cable - MC4 Connectors 25ft	Cable	\$ 76,659.38	6	\$ 60,520.56
OBB-80-150VDC120VAC-PNL	Interruptor	\$ 62,156.25	2	\$ 124,312.50
Cable de Interconexion 2 AWG	Cable	\$ 4,337.10	8.8	\$ 125,218.11
Outback Power Solar Charge Controller 80A FM-80	Controlador	\$ 1,429,593.75	1	\$ 1,429,593.75
Midnight Solar Combiner Box MNPV6	Caja AC	\$ 265,687.50	1	\$ 265,687.50
Xantrex DR1524E Inverter/Charger, 1500W, Off Grid, 24VDC	Inversor	\$ 1,418,445.00	1	\$ 1,418,445.00
Transporte	Transporte	\$ 3,139,500.00	0.6	\$ 1,883,700.00
Instalacion y puesta a marcha	Instalacion	\$ 500,000.00	1.3	\$ 650,000.00
	Subtotal			\$ 14,906,342.19
	IVA	16%		\$ 2,385,014.75
TOTAL				\$ 17,291,356.94

TABLA 13. Costos Sistema 3 – Aire Acondicionado

10.4 Sistema 4. Stand-Alone

Sistema 4 - Stand-Alone				
Descripcion	Tipo	Precio Unidad	Cantidad	Sist 4(\$)
1 Foot Battery Cable - BC-1, 2/0 AWG	Cable	\$ 19,890.00	4	\$ 261,023.62
MK Battery 8A8DLTP-DEKA - 12V - 250 Amp Hour Sealed AGM	Bateria	\$ 1,020,196.13	12	\$ 12,242,353.56
SUN Solar Panel 210 Watts 18.70 Vmp \$1.48US / Watt	Panel	\$ 757,575.00	19	\$ 14,393,925.00
Midnite Solar Breaker - MNEPV20	Protector	\$ 25,350.00	5	\$ 126,750.00
Solar Panel Cable - MC4 Connectors 25ft	Cable	\$ 76,659.38	15	\$ 151,301.41
OBB-80-150VDC120VAC-PNL	Interruptor	\$ 62,156.25	5	\$ 310,781.25
Cable de Interconexion 2 AWG	Cable	\$ 4,337.10	8.8	\$ 125,218.11
Outback Power Solar Charge Controller 80A FM-80	Controlador	\$ 1,429,593.75	2	\$ 2,859,187.50
Midnight Solar Combiner Box MNPV6	Caja AC	\$ 265,687.50	1	\$ 265,687.50
Xantrex Off Grid Inverter Charger 3600 Watt 24 VDC TR3624-120-60	Inversor	\$ 2,679,375.00	1	\$ 2,679,375.00
Transporte	Transporte	\$ 3,139,500.00	0.8	\$ 2,511,600.00
Instalacion y puesta a marcha	Instalacion	\$ 500,000.00	1.5	\$ 750,000.00
	Subtotal			\$ 36,677,202.95
	IVA	16%		\$ 5,868,352.47
TOTAL				\$ 42,545,555.42

TABLA 14. Costos Sistema 4 – Stand-Alone

10.5 Caracterización en pesos y watts de los diferentes sistemas

Las figuras 21 y 22 ilustran los estimados en pesos y watts de los 4 sistemas propuestos. En ellos se identifica que la capacidad del sistema es directamente proporcional al precio del mismo. También que entre mayor es el sistema menor el precio por kWh.

Nota:

- *Los paneles solares cuentan con una garantía de 20 años.*
- *Comercialmente los paneles solares se encuentran en el rango de los 10watt hasta más de 300 watt*

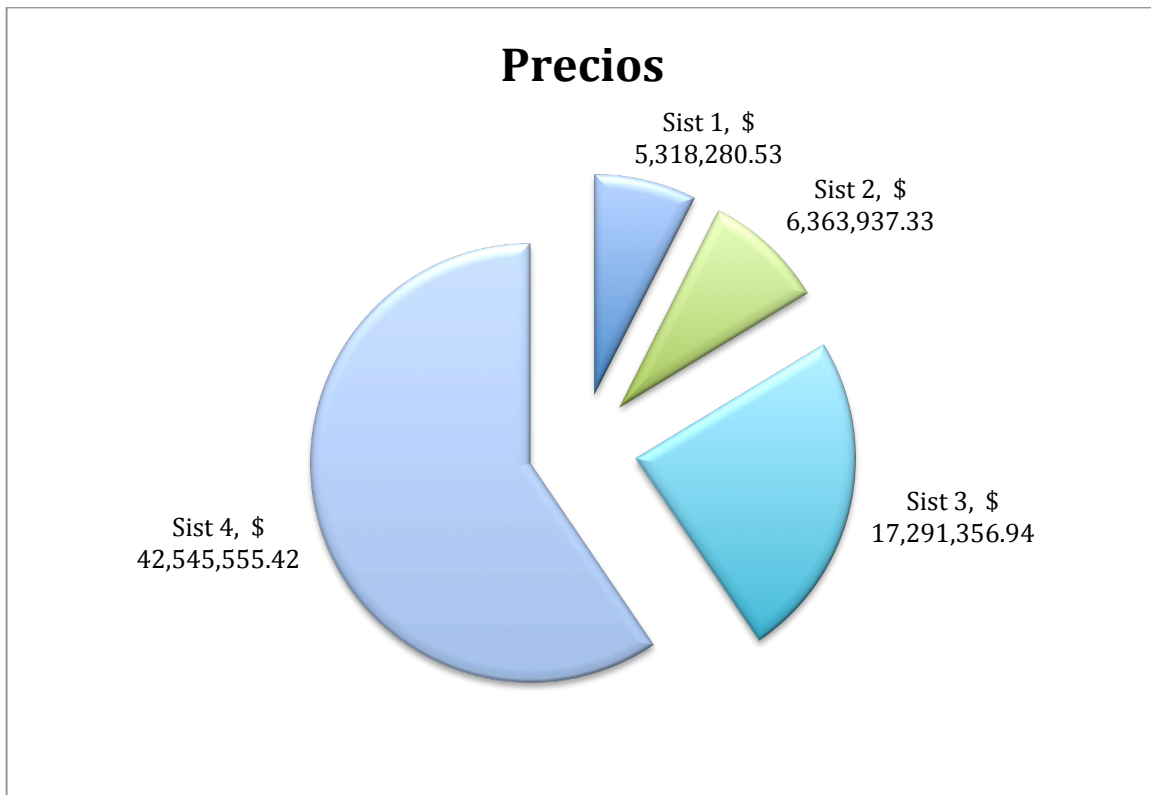


Figura 21 Costos estimados de los sistemas en pesos

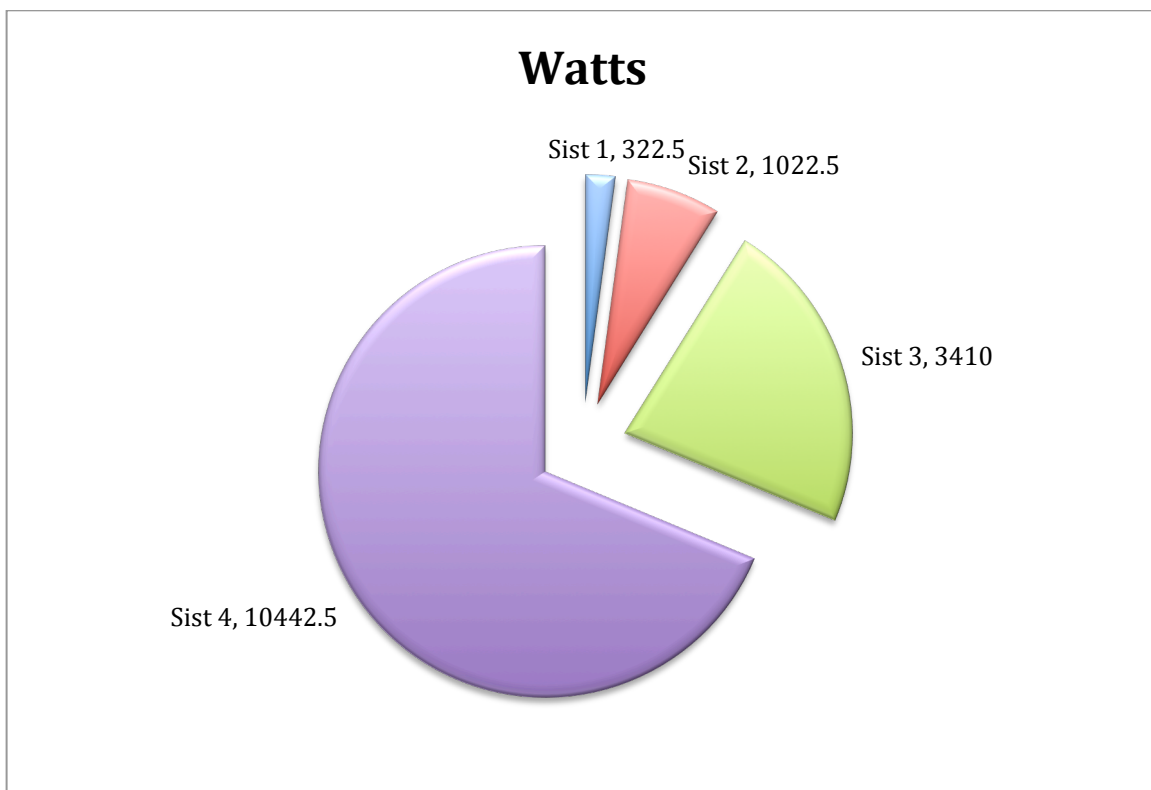


Figura 22 Caracterización de los sistemas en Watts

11. SOSTENIBILIDAD DE LOS PROYECTOS CON SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

La sostenibilidad se entiende como la necesidad de asegurar la prestación del servicio con una calidad y confiabilidad dadas de manera ininterrumpida por un espacio de tiempo que se extienden generalmente en el mediano a largo plazo, esto es, de 5 a 20 años.

A continuación se presentarán una serie de consideraciones sobre la sostenibilidad de los sistemas a largo plazo, incluyendo aspectos de Operación y Económicos.

11.1 Sostenibilidad técnica

Los sistemas fotovoltaicos tienen componentes de vidas útiles superiores e inferiores a la vida útil del proyecto que se ha considerado 20 años. La frecuencia de reposición de las baterías es cada 5 años, el regulador y/o controlador de carga cada 10 años y módulos después de los 20 años.

Los sistemas fotovoltaicos son sistemas diseñados para operar en condiciones extremas y son de pobre mantenimiento, más no son libres de mantenimiento. Es importante entonces capacitar a los usuarios en el uso y mantenimiento de los sistemas. Esta tarea debe ser impartida por el proveedor/instalador de los equipos.

Por otro lado, la experiencia indica como aconsejable inspección de los sistemas por parte de una empresa externa (que puede ser la misma empresa proveedora de los equipos) para supervisar periódicamente el estado de los sistemas.

11.2 Sostenibilidad económica

Las expectativas de rentabilidad no están orientadas a generar dividendos, sino a asegurar la sostenibilidad del proyecto. Las buenas practicas por parte de los usuarios y el entendimiento de los mismos acerca de la clase de servicio y las condiciones que este conlleva generaría el bienestar esperado.

La Figura 23 evidencia que los únicos estratos en los que el sistema Stand-Alone seria un éxito son el 5 y 6. Es importante anotar que debido a que Neiva cuenta con una red de distribución de energía eléctrica, la implementación del sistema Stand-Alone no es la opción más aconsejada, debido a la magnitud y el espacio que el banco de baterías utilizaría

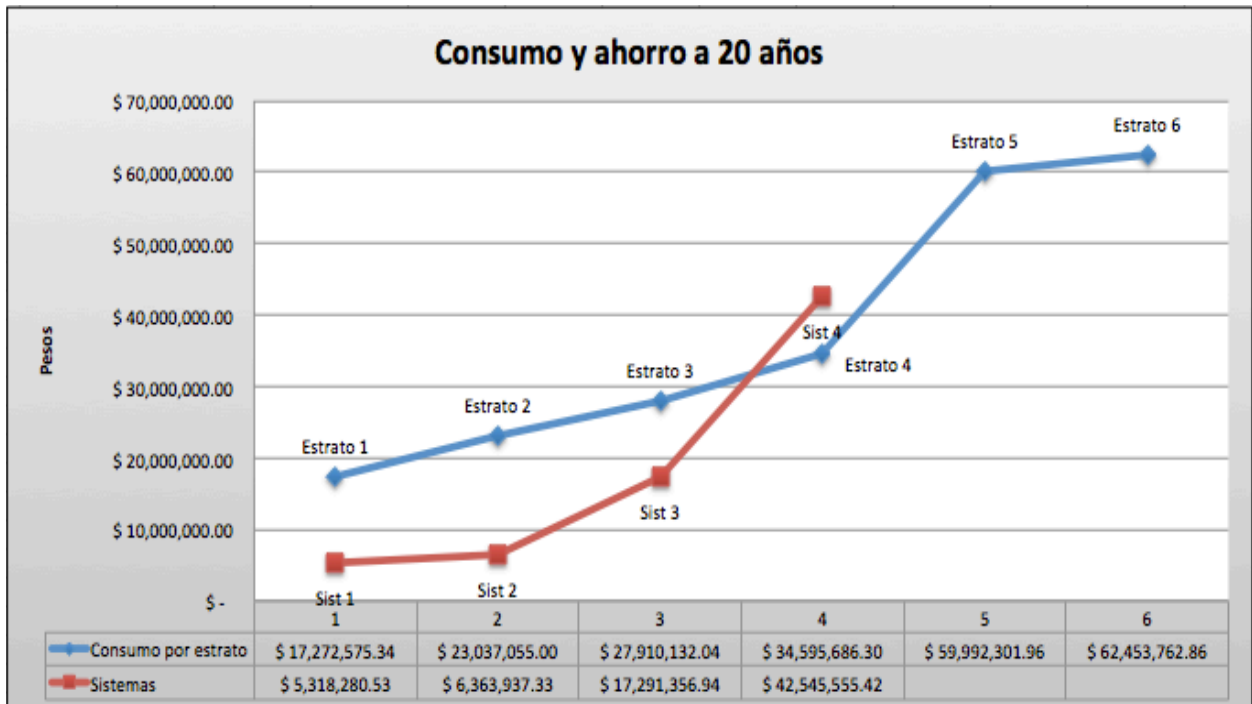


Figura 23 Consumo y ahorro a 20 años

También se ilustra que el primer sistema, sólo iluminación, fue el más viable económicamente para todos los estratos, a tal punto que los aspectos técnicos de sustitución de baterías, controladores y revisiones externas representarían un gasto minúsculo a futuro. Especialmente para los estratos 5 y 6, los cuales tienen una carga económica adicional del 20% del valor de su factura.

Teniendo en cuenta que todos los usuarios pagan el 12% del valor de su factura por concepto de alumbrado público, se encuentra que:

- Al implantar el sistema 3, la carga excesiva que representa el aire acondicionado no será reflejada en la factura de electricidad, por lo tanto, ese 12% será aplicado a una tarifa más baja. Beneficiando principalmente a los usuarios de los estratos 4, 5 y 6 quienes no cuentan con ningún tipo de subsidiación.
- Al implantar el Sistema 1, sólo luminarias, se estaría reduciendo el valor de la factura en un 40%, esto para los domicilios que no cuentan con aire acondicionado.

Si los sistemas fuesen implantados bajo redes interconectadas, en las que los usuarios estuvieran habilitados a vender la electricidad que producen durante el día, el costo de los sistemas se reduciría en un 9.1% para el sistema 1, un 10%

para el sistema 2, un 20.8% para el sistema 3 y un 29.4% para el sistema 4 (ver figura 24).

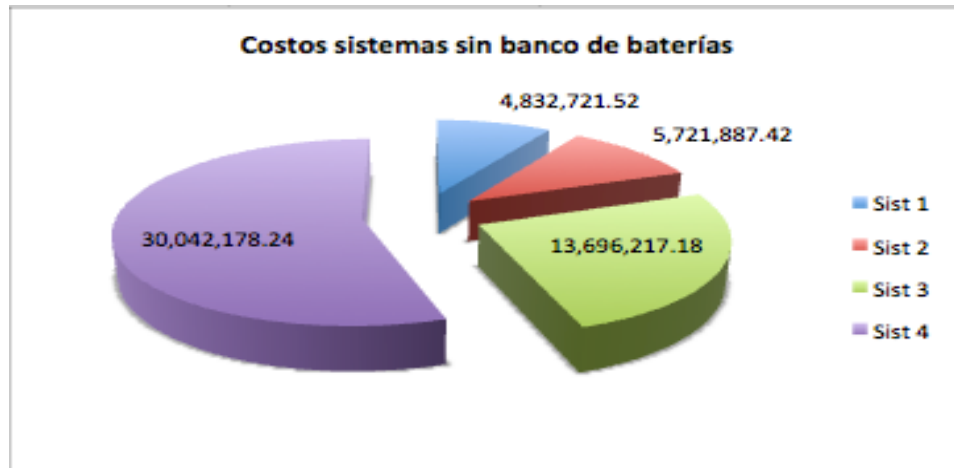


Figura 24 Costos de los sistemas sin banco de baterías

Con lo cual se reduciría sustancialmente el precio por kWh pagado en cada uno de los sistemas.

CONCLUSIONES

- Es importante tener en cuenta que la mayoría de los países en desarrollo caen dentro de las regiones más favorables, entre las latitudes 35°N y 35°S. Por esta razón pueden contar con la radiación solar como una fuente constante de energía que puede ser fácilmente explotados económicamente por los hogares rurales y urbanos.
- Una de las barreras que tiene el desarrollo de la energía solar es la limitada información existente del recurso. No es suficiente un mapa impreso con los valores promedio de la radiación solar mes a mes, pues si bien esta información es indicativa, a la hora de dimensionar y diseñar un sistema de conversión fotovoltaica se requiere mejor información que permita simular el comportamiento del sistema ubicado en una localización precisa y con una inclinación definida.
- La ausencia de un estudio conciso sobre el número de electrodomésticos en una vivienda en la ciudad, dificultó la labor del estudio y deja un grado de incertidumbre en cuanto al tipo y número de electrodomésticos escogidos para el estudio y posterior diseño de la vivienda.
- Con una densidad de casas del 78,7%, el área ofrecida por el techo de las viviendas es un indicador positivo del área con la cual se contaría para implementar dicha tecnología en la mayoría de los hogares.
- Al comparar las cifras económicas base con la de los grandes proveedores internacionales, estas no difieren sustancialmente con las calculadas en este informe. Esto abre cabida a la importación de elementos a menor precio en el momento de realizar los cambios de dispositivos que el mantenimiento exige.
- Los proyectos de electrificación con sistemas fotovoltaicos debido a su naturaleza económica, no pueden realizarse a expensas de los usuarios de estratos bajos en su totalidad. Se debe recurrir a la financiación y/o subsidios por parte del estado. Esto beneficiaría tanto la calidad de vida de las personas como su situación económica.
- Se identifica que existe un grado bajo de interés por el ahorro. Esto evidenciado en el resultado de la encuesta en que el promedio de luminarias por vivienda es excesivo, como también lo es el uso de electrodomésticos como la lavadora y la plancha. Esto indica que se debe iniciar el proceso de conversión desde las mismas instalaciones, adecuando de forma eficaz e inteligente todo los espacios de la vivienda y propiciando con esto no cabida para el ineficiente uso de los artefactos eléctricos.

- La implantación de los sistemas interconectados a la red sería la opción más provechosa, debido a que se prescindiría de los bancos de batería y se lograría una recuperación de inversión a mediano o corto plazo.
- Aunque la población se encuentra receptiva al cambio, el sesgo creado por las grandes compañías energéticas y el interés nulo por parte de las empresas distribuidoras de energía y el gobierno dificultan aún más el éxito y la implantación masiva de la tecnología fotovoltaica.

RECOMENDACIONES

Es imprescindible crear conciencia y divulgar lo que probablemente ya ha sido estudiado y es de poco interés para grandes corporaciones energéticas y representantes gubernamentales. La energía solar no sólo debe ser considerada como una fuente alterna, también debe ser considerada como fuente de progreso, calidad de vida y conservación ambiental.

Aunque en la actualidad es poco factible que el gobierno implemente subsidio alguno para las aplicaciones de energías alternativas fotovoltaicas, como los existentes en Estados Unidos, Alemania, España, entre otros países nórdicos, es fundamental entablar iniciativas legislativas que obliguen a las empresas prestadoras de servicios energéticos a instaurar los mecanismos que permitan a los usuarios interconectar sus sistemas fotovoltaicos y más importante aún que les permita tener retribuciones justas por la energía que ellos suministrarían a la red.

BIBLIOGRAFÍA

- DeGunther, R. (2008). *Solar Power Your Home*. Indianapolis, Indiana, USA: Wiley Publishing, Inc.
- GENI: Global Energy Network Institute. (n.d.). *Global Energy Network Institute*. From <http://www.geni.org/>
- Go Solar Company. (n.d.). From <http://www.gosolarcompany.com/>
- REEEP. (n.d.). *Renewable Energy & Energy Efficiency Partnership*. From <http://www.reeep.org>
- Solar Energy Experts*. (n.d.). From <http://www.solarenergyexperts.co.uk/worldwide-top-10-solar-pv-panel-manufacturers>
- Southwest Technology Development **INSTITUTE**. *Stand-Alone Photovoltaic Systems: A handbook of recommended design practices*. (S. N. Laboratories, Ed.) Las Cruces, New Mexico, USA.
- Tennessee Solar Energy Association. (n.d.). *Tennessee Solar Energy Association*. From <http://www.tnsolarenergy.org/>
- The German Energy Society. (2008). *Photovoltaic Systems: A guide for installers, architects and engineers* (2nd Edition ed.). London, UK: EarthScan.
- Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. (n.d.). From http://www.upme.gov.co/Eventos/Foro_Normalizacion/FORO%20DE%20NORMALIZACION.pdf
- Unidad de Planeación Minero Energética, UPME. (2007). *Alumbrado interior de edificaciones residenciales*. Bogotá, Colombia: UPME.
- Westinghouse Electric Corporation. *Lighting Handbook*. Madrid (España), USA: Dossat S.A.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica encuesta.

Ficha Técnica de la encuesta

Diseño y realización

La encuesta ha sido desarrollada por la estudiante de pregrado Ana Mahecha

Universo

Estratos 3, 4, 5 y 6 de la zona urbana de la ciudad de Neiva.

Tamaño de la muestra.

31,062 viviendas

Nivel de confianza

Nivel de confianza del 95% y error $\pm 5\%$

Tipo de Encuesta

Entrevista personal domiciliaria

Diseño de la muestra

Para determinar el tamaño de la muestra, es decir, el número de encuestas que se realizaron, se tomó en cuenta la siguiente información:

- La encuesta va dirigida a los estratos 3, 4, 5 y 6 de la ciudad, los cuales están conformados por 31,062 viviendas (39.98%), según estratificación socioeconómica DANE, censo 2005.

Estrato	Viviendas
3	30.80%
4	8%
5	0.78%
6	0.40%

Tabla . Porcentaje del número de viviendas según estrato

$$n = \frac{(Z^2 pqN)}{(Ne^2 + Z^2 pq)}$$

Donde:

- Nivel de confianza (Z)=1.96
- Grado de error (e)=0.05
- Universo (N)=31,062
- Probabilidad de ocurrencia (P)=0.5 (50%)
- Probabilidad de no ocurrencia (Q)=0.5 (50%)

$$n = \frac{((1.96)^2(0.5)(0.5)(31.062))}{((31.062)(0.05)^2 + (1.96)^2(0.5)(0.5))} \qquad n = \frac{29.832}{1.038} \qquad n \cong 29$$

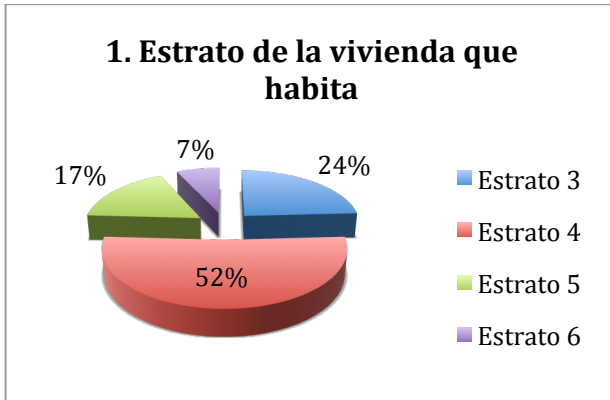
Por consiguiente la encuesta se realizará a una muestra de 29 viviendas

Trabajo tesis de grado. Diseño de electrificación y estudio de factibilidad para la implementación de paneles solares en una vivienda en la ciudad de Neiva.

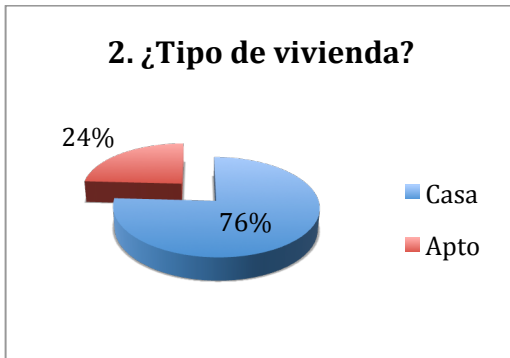
Anexo 1.1 Resultado Encuesta

Sección 1.

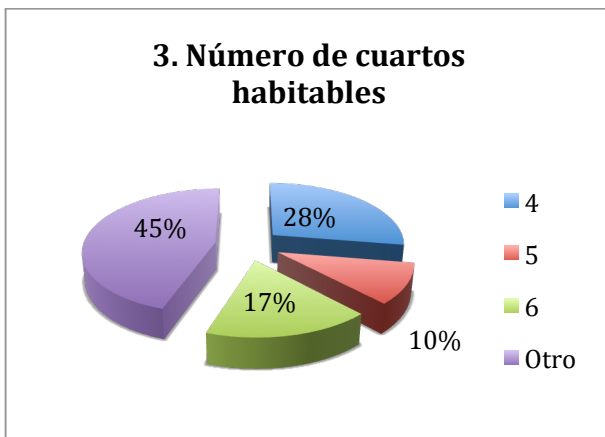
1. Estrato de la vivienda que habita



2. Tipo de vivienda



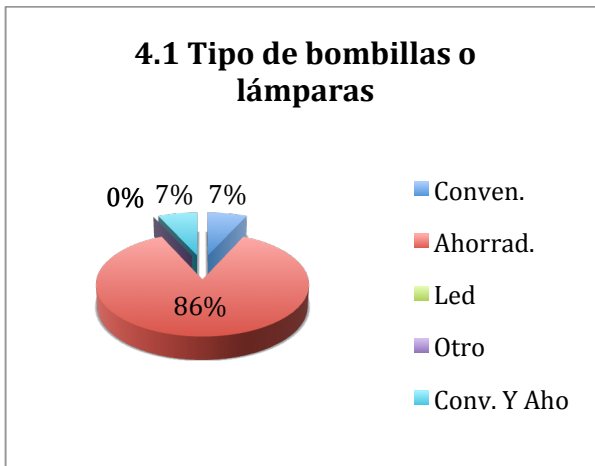
3. Número de cuartos habitables en la vivienda (Cocina, habitaciones, etc.)



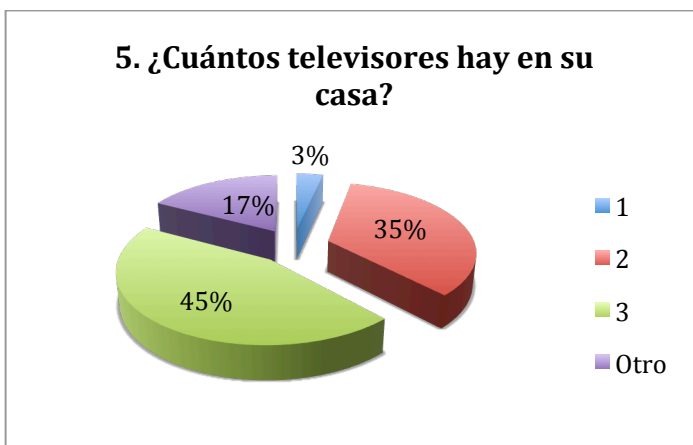
4. ¿Cuántas bombillas/lámparas tiene en su casa?



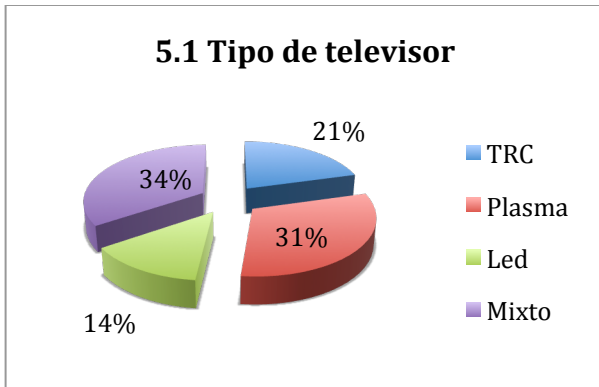
4.1. Tipo de bombillas o lámparas



5. ¿Cuántos televisores hay en su casa?



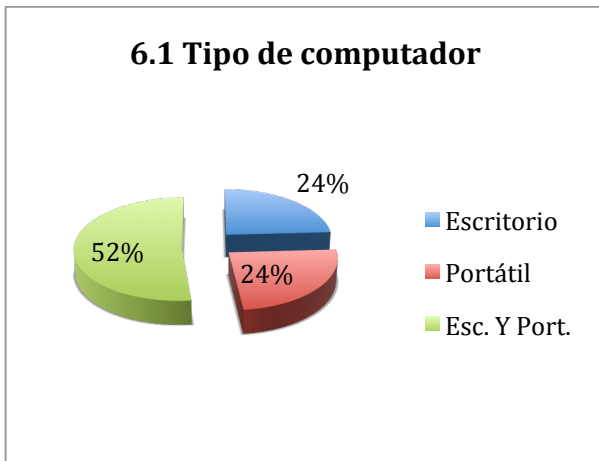
5.1. Tipo de televisor



6. ¿Cuántos computadores hay en su casa?



6.1. Tipo de computador



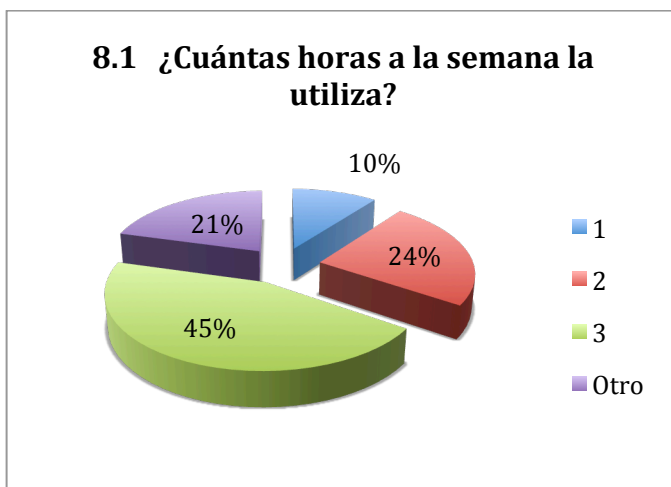
7. ¿Cuenta con equipo de audio?



8. ¿Cuenta con lavadora?

El 100% de la muestra respondió a) Si

8.1. ¿Cuántas horas a la semana la utiliza?



9. ¿Cuenta con licuadora?

El 100% de la muestra respondió a) Si

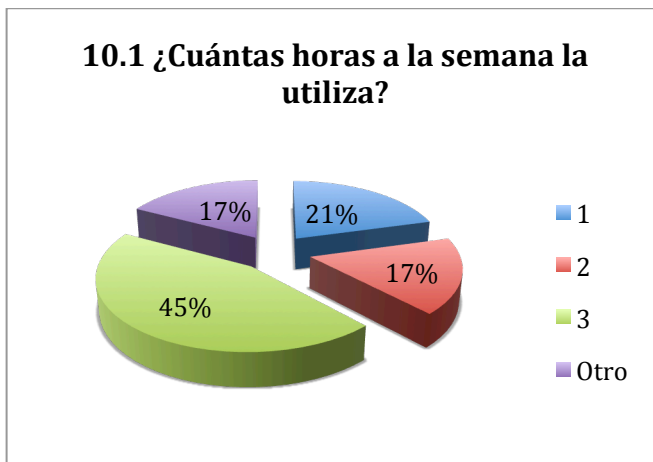
9.1. ¿Cuántas horas a la semana la utiliza?



10. ¿Cuenta con plancha?

El 100% de la muestra respondió a) Si

10.1. ¿Cuántas horas a la semana la utiliza?



11. ¿Cuenta con nevera?

El 100% de la muestra respondió a) Si

12. ¿Cuenta con aire acondicionado?

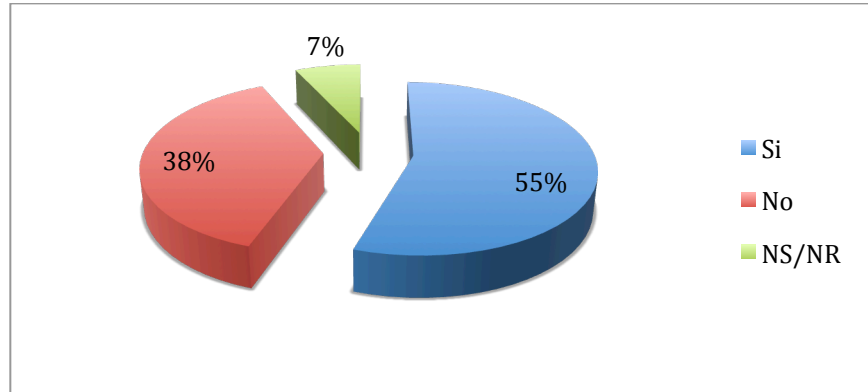


12.1. ¿Cuántas horas al día lo utiliza?

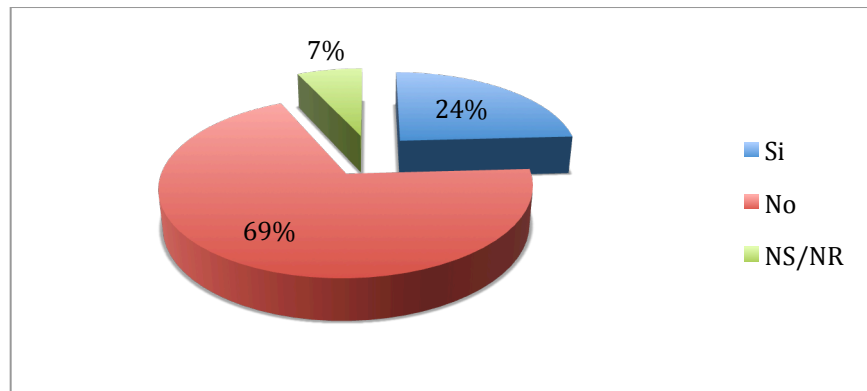


Sección 2

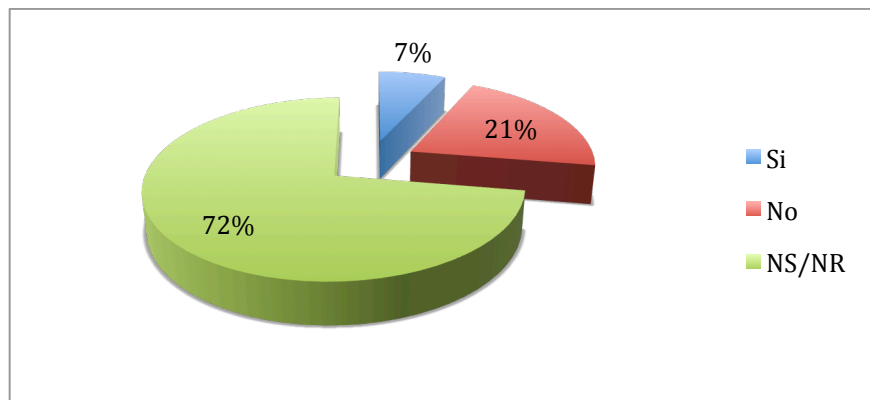
1. ¿Conoce usted sobre la implementación de paneles solares para la generación de energía eléctrica en viviendas?



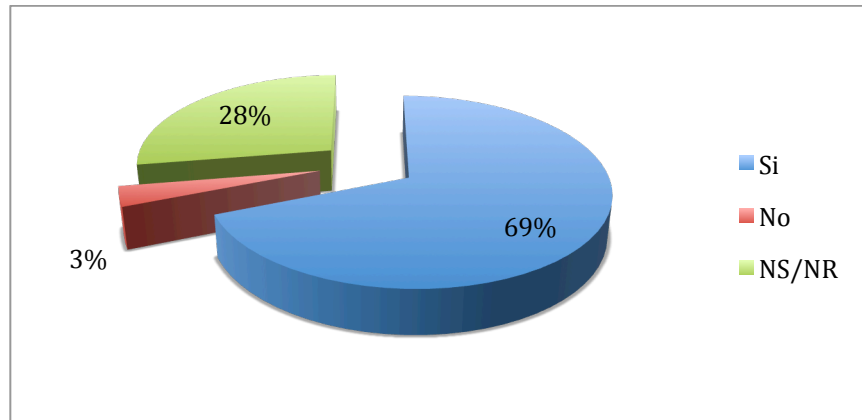
2. ¿Conoce algún estudio o estadística de relación costo-beneficio para la implementación de sistemas fotovoltaicos, paneles solares, en viviendas?



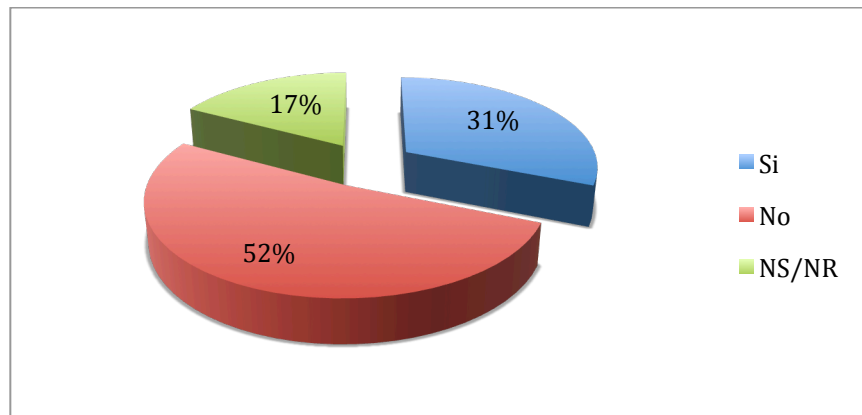
3. ¿Cree usted que esta tecnología es sumamente costosa para implementar?



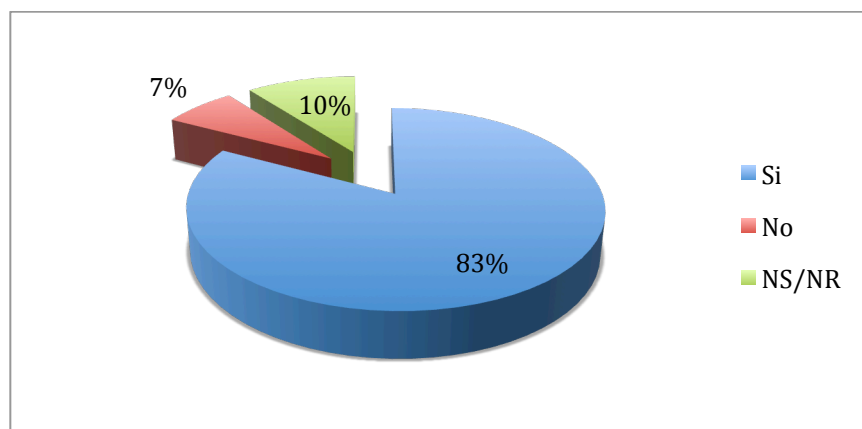
4. ¿Estaría interesado en la implementación de paneles solares en su domicilio?



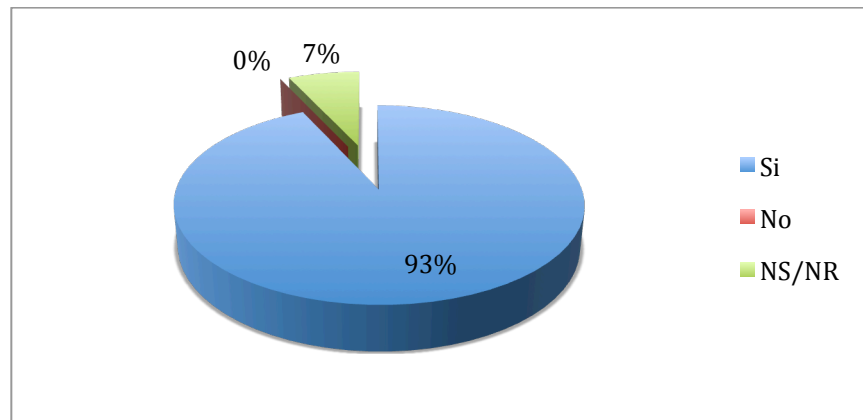
5. ¿Conoce sobre las etiquetas de eficiencia en los electrodomésticos?



6. ¿Le gustaría tener total o parcial grado de independencia energética de la empresa electrificadora?



7. Si le fuera demostrado que la instalación de un sistema fotovoltaico para la generación de energía eléctrica en su hogar es viable y rentable en el largo plazo ¿Consideraría implementarlo?



- 7.1 Si su respuesta a la pregunta 7 fue NO. ¿Porqué no estaría interesado?


El 0% de la muestra respondió b) No.

8. ¿Se encuentra satisfecho con la tarifa y prestación del servicio energético actual?

El 100% de la muestra respondió b) No

Anexo 2. Consumo residencial de energía eléctrica Junio 2010 – Junio 2011.
Fuente Electrohuila

Anexo 2.1. Datos de consumo del estrato 1

		FORMATO POR CLASE DE SERVICIO RESIDENCIAL ESTRATO 1			
AÑO	MES	Número de usuarios	Suma de KWh	Consumo Promedio (KWh)	Consumo Promedio (\$)
2010	Junio	21,326	2,361,242	110.72	37,647
2010	Julio	22,866	2,607,671	114.04	38,775
2010	Agosto	22,267	2,532,636	113.74	38,673
2010	Septiembre	22,984	2,629,683	114.41	38,901
2010	Octubre	22,274	2,631,196	118.13	40,166
2010	Noviembre	23,086	2,566,189	111.16	37,796
2010	Diciembre	21,030	2,401,356	114.19	38,826
2011	Enero	24,102	2,596,051	107.71	36,623
2011	Febrero	22,603	2,611,753	115.55	39,289
2011	Marzo	23,518	2,748,114	116.85	39,731
2011	Abril	22,843	2,546,838	111.49	37,908
2011	Mayo	23,704	2,646,793	111.66	37,966
2011	Junio	23,329	2,589,172	110.99	37,738
Consumo total periodo junio 2010 - junio 2011			33,468,694	1,698,716	500,039

Consumo promedio anual de una vivienda estrato 1 en KWh

113.248

TABLA I. Formato por clase de servicio residencial estrato 1

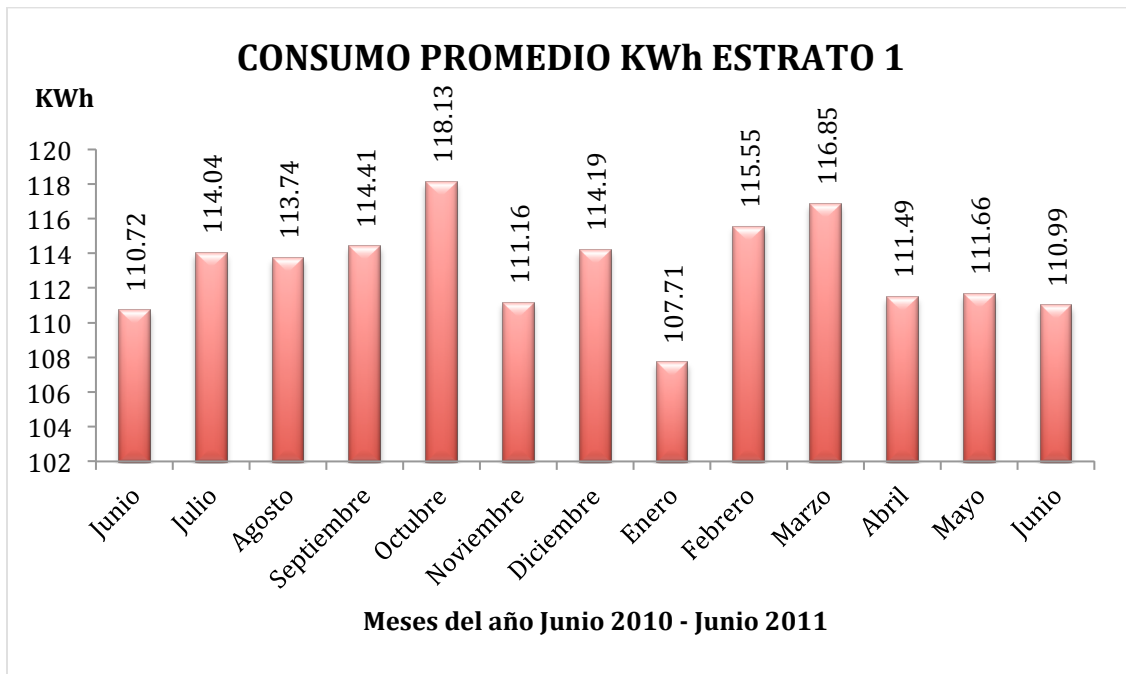


FIGURA I. Consumo promedio KWh estrato 1

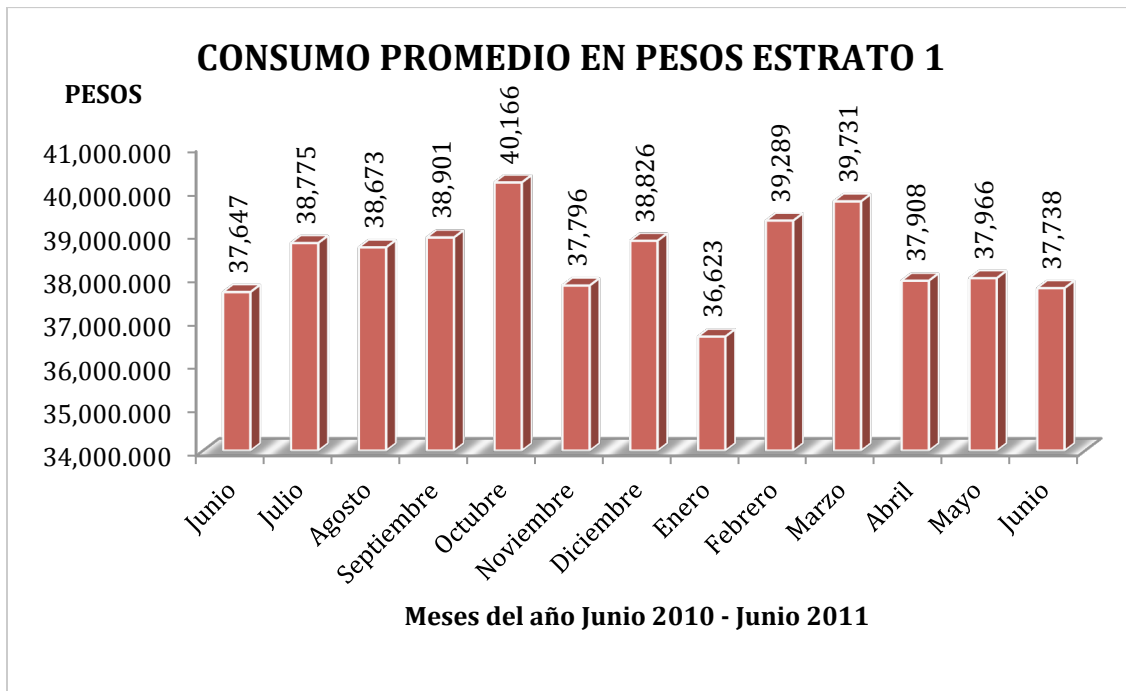


FIGURA I.I Consumo promedio en pesos estrato 1

Anexo 2.2. Datos de consumo del estrato 2

		FORMATO POR CLASE DE SERVICIO RESIDENCIAL ESTRATO 2			
AÑO	MES	Número de usuarios	Suma de KWh	Consumo Promedio	Consumo Promedio (\$)
2010	Junio	46,907	7,117,986	151.74	51,594
2010	Julio	48,557	7,448,066	153.38	52,152
2010	Agosto	47,681	7,242,137	151.89	51,645
2010	Septiembre	48,720	7,396,934	151.83	51,625
2010	Octubre	47,825	7,569,379	158.27	53,814
2010	Noviembre	48,967	7,257,083	148.20	50,390
2010	Diciembre	47,235	7,172,095	151.84	51,628
2011	Enero	49,999	7,110,805	142.22	48,357
2011	Febrero	48,221	7,402,296	153.51	52,196
2011	Marzo	49,369	7,680,824	155.58	52,900
2011	Abril	48,509	7,127,977	146.94	49,962
2011	Mayo	49,685	7,417,367	149.29	50,761
2011	Junio	48,692	7,145,048	146.74	49,896
Consumo total periodo junio 2010 - junio 2011			95,087,997	1,961.423	666,920

Consumo promedio anual de una vivienda
estrato 2 en KWh

150.879

TABLA II. Formato por clase de servicio residencial estrato 2

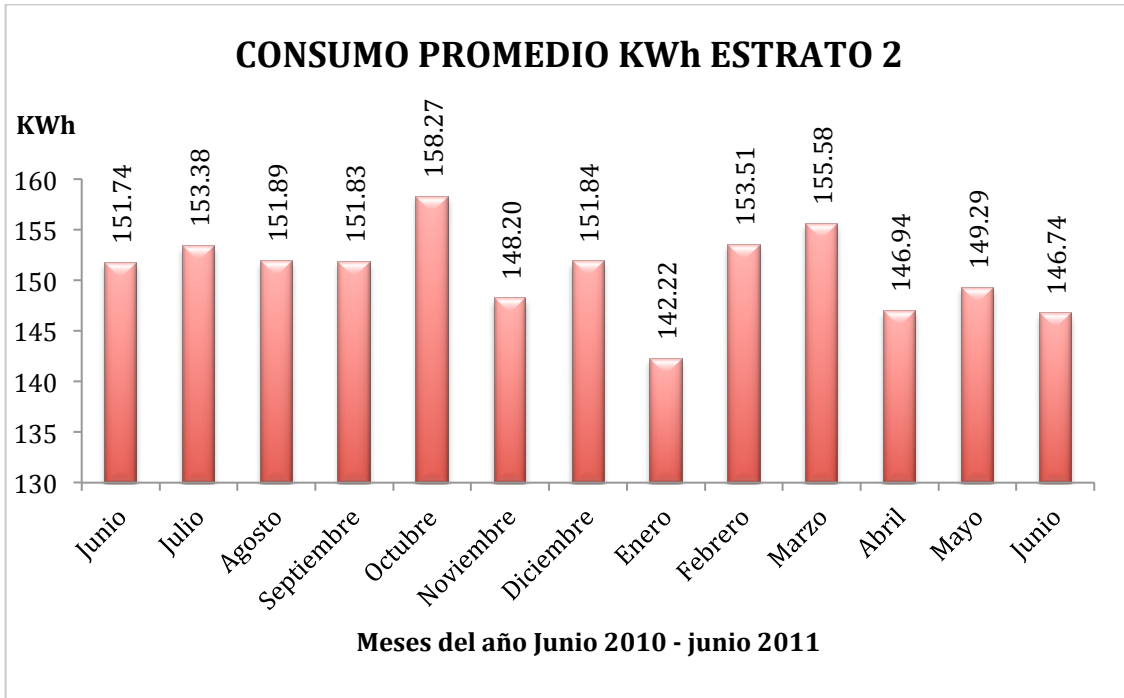


FIGURA II. Consumo promedio KWh estrato 2

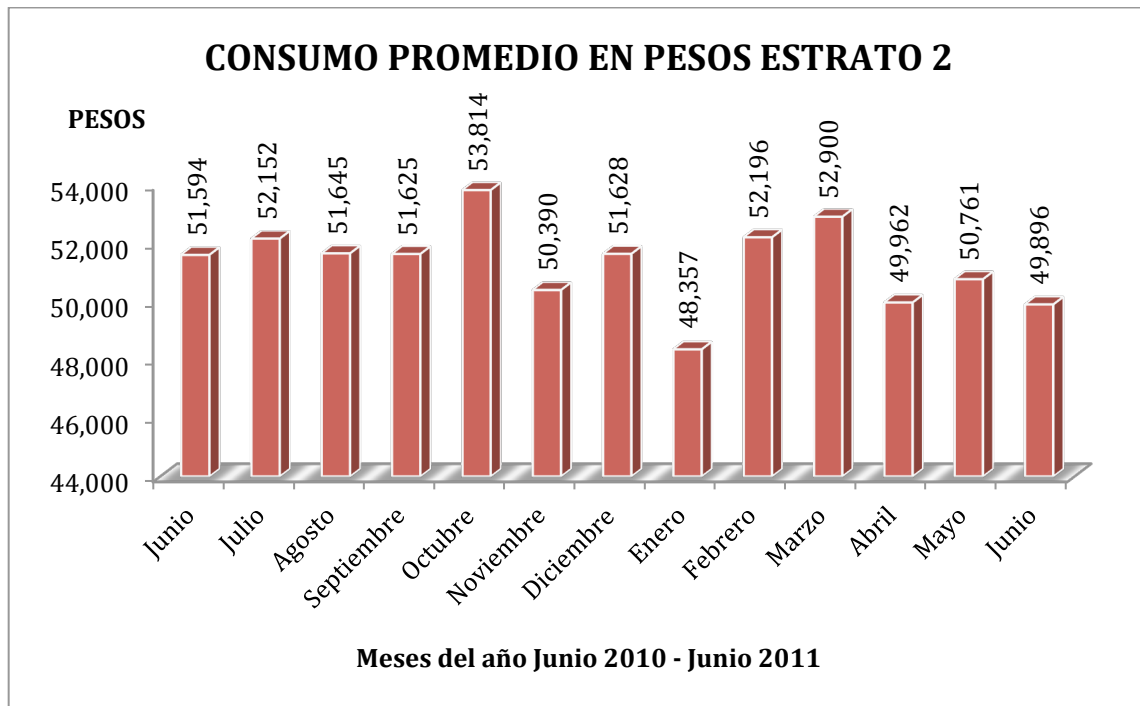


FIGURA II.I Consumo promedio en pesos estrato 2

Anexo 2.3. Datos de consumo del estrato 3

		FORMATO POR CLASE DE SERVICIO RESIDENCIAL ESTRATO 3			
AÑO	MES	Número de usuarios	Suma de KWh	Consumo Promedio	Consumo Promedio (\$)
2010	Junio	9,468	1,769,336	186.87	63,540
2010	Julio	9,659	1,821,088	188.53	64,104
2010	Agosto	9,747	1,821,550	186.88	63,543
2010	Septiembre	9,939	1,817,517	182.87	62,179
2010	Octubre	9,911	1,923,448	194.07	65,988
2010	Noviembre	9,975	1,779,920	178.44	60,673
2010	Diciembre	9,835	1,767,024	179.67	61,091
2011	Enero	10,027	1,696,274	169.17	57,521
2011	Febrero	10,001	1,832,483	183.23	62,302
2011	Marzo	10,055	1,955,056	194.44	66,113
2011	Abril	10,075	1,760,828	174.77	59,425
2011	Mayo	10,143	1,843,141	181.72	61,788
2011	Junio	10,125	1,778,574	175.66	59,728
Consumo total periodo junio 2010 - junio 2011			23,566,239	2,376.313	807,995

Consumo promedio anual de una vivienda
estrato 3 en KWh

182.793

TABLA III. Formato por clase de servicio residencial estrato 3

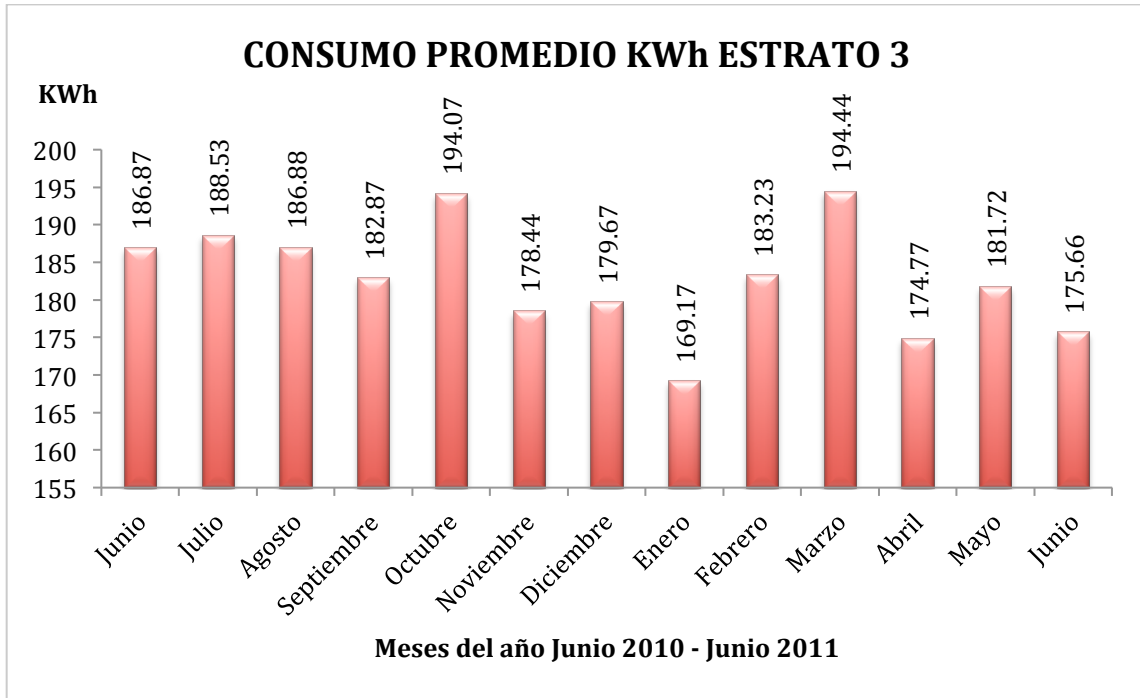


FIGURA III. Consumo promedio KWh estrato 3

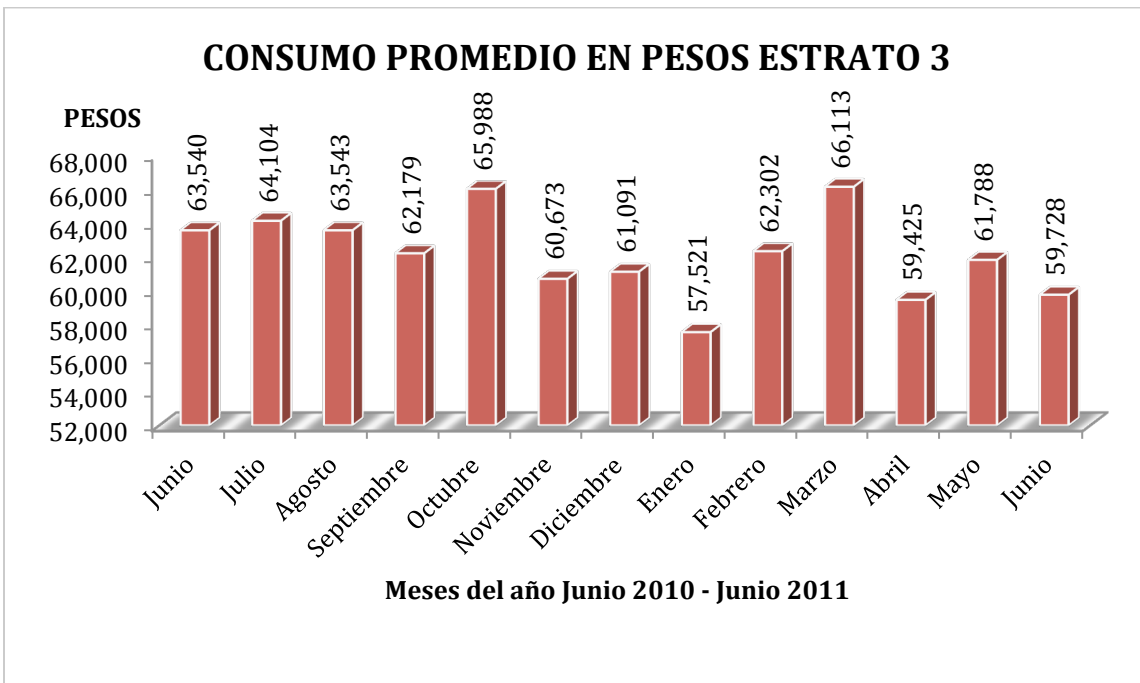



FIGURA III.I. Consumo promedio en pesos estrato 3

Anexo 2.4. Datos de consumo del estrato 4

		FORMATO POR CLASE DE SERVICIO RESIDENCIAL ESTRATO 4			
AÑO	MES	Número de usuarios	Suma de KWh	Consumo Promedio	Consumo Promedio (\$)
2010	Junio	4,769	1,133,263	237.63	80,799
2010	Julio	4,807	1,113,541	231.64	78,762
2010	Agosto	4,793	1,119,563	233.58	79,422
2010	Septiembre	4,794	1,091,530	227.69	77,419
2010	Octubre	4,795	1,195,544	249.33	84,777
2010	Noviembre	4,830	1,076,167	222.81	75,760
2010	Diciembre	4,847	1,061,491	219.00	74,464
2011	Enero	4,887	1,009,423	206.55	70,231
2011	Febrero	4,883	1,131,793	231.78	78,810
2011	Marzo	4,919	1,190,045	241.93	82,261
2011	Abril	4,920	1,042,773	211.95	72,067
2011	Mayo	5,020	1,103,878	219.90	74,770
2011	Junio	5,050	1,069,331	211.75	71,999
Consumo total periodo junio 2010 - junio 2011			14,338,342	2,945.535	1,001,541

Consumo promedio anual de una vivienda
estrato 4 en KWh

226.580

TABLA IV. Formato por clase de servicio residencial estrato 4

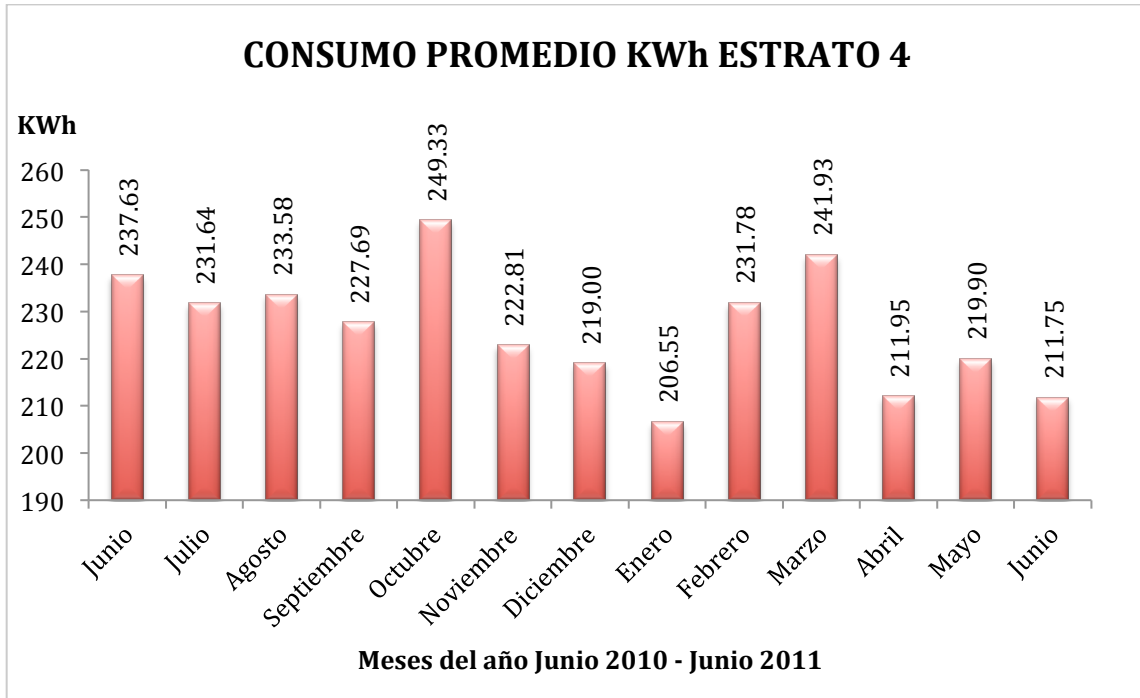


FIGURA IV. Consumo promedio KWh estrato 4

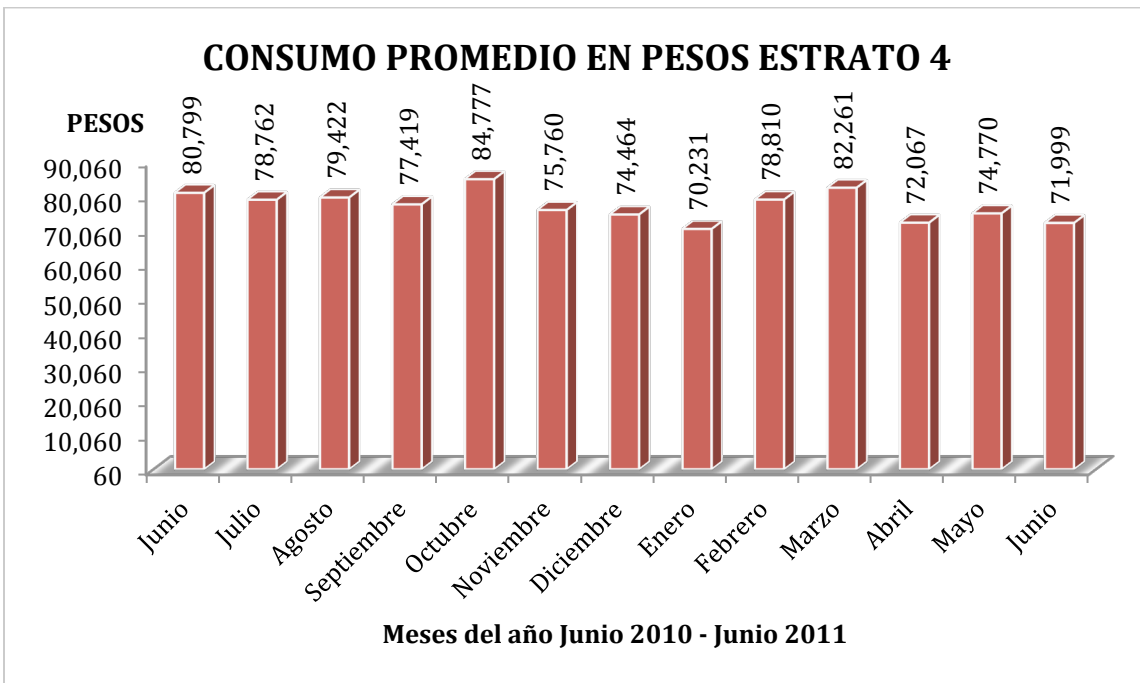



FIGURA IV.I. Consumo promedio en pesos estrato 4

Anexo 2.5 Datos de consumo del estrato 5

		FORMATO POR CLASE DE SERVICIO RESIDENCIAL ESTRATO 5			
AÑO	MES	Número de usuarios	Suma de KWh	Consumo Promedio	Consumo Promedio (\$)
2010	Junio	1,273	437,925	344.01	140,363
2010	Julio	1,269	427,283	336.7	137,380
2010	Agosto	1,269	454,149	357.88	146,022
2010	Septiembre	1,262	441,661	349.97	142,795
2010	Octubre	1,345	461,796	343.34	140,090
2010	Noviembre	1,363	427,725	313.81	128,041
2010	Diciembre	1,348	399,767	296.56	121,002
2011	Enero	1,356	400,837	295.60	120,610
2011	Febrero	1,381	453,841	328.63	134,088
2011	Marzo	1,392	498,067	357.81	145,994
2011	Abril	1,392	414,088	297.48	121,378
2011	Mayo	1,390	446,270	321.06	130,999
2011	Junio	1,386	434,826	313.73	128,008
Consumo total periodo junio 2010 - junio 2011			5,698,235	4,256.579	1,736,770

Consumo promedio anual de una vivienda estrato 5 en KWh

327.429

TABLA V. Formato por clase de servicio residencial estrato 5

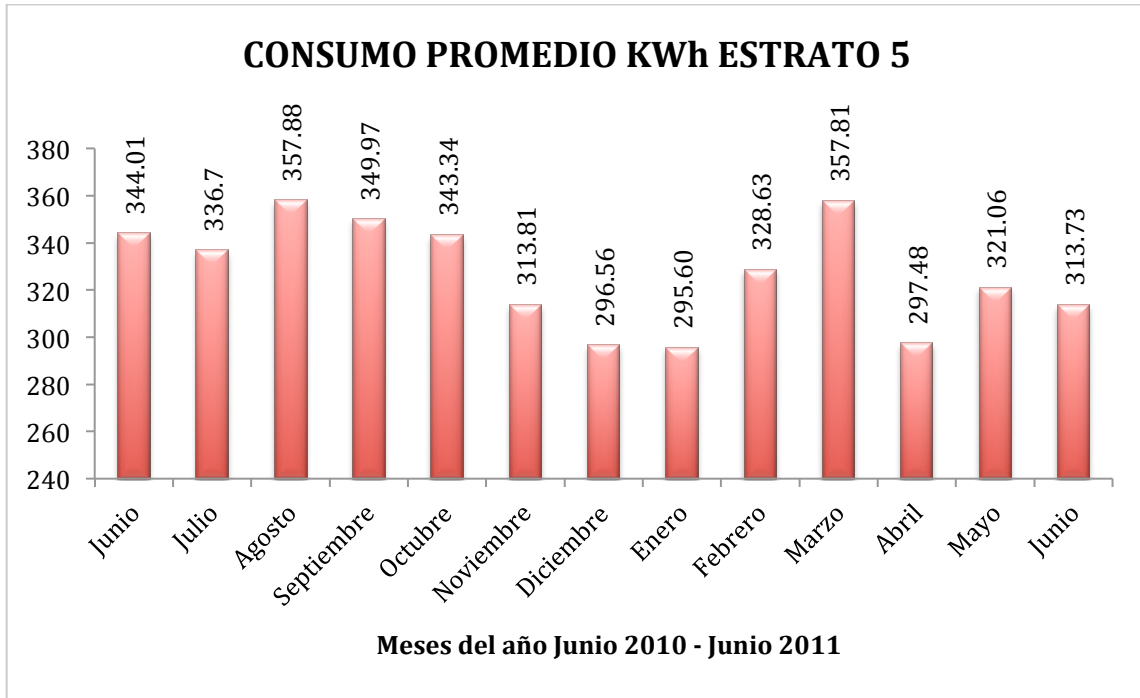



FIGURA V. Consumo promedio KWh estrato 5



FIGURA V.I. Consumo promedio en pesos estrato 5

Anexo 2.6. Datos de consumo del estrato 6

		FORMATO POR CLASE DE SERVICIO RESIDENCIAL ESTRATO 6			
AÑO	MES	Número de usuarios	Suma de KWh	Consumo Promedio	Consumo Promedio (\$)
2010	Junio	164	56,403	343.92	140.326
2010	Julio	166	55,165	332.31	135.589
2010	Agosto	164	65,239	397.80	162.310
2010	Septiembre	166	56,914	342.86	139.894
2010	Octubre	164	59,373	362.03	147.715
2010	Noviembre	166	53,355	321.42	131.146
2010	Diciembre	160	51,597	322.48	131.578
2011	Enero	165	51,229	310.48	126.682
2011	Febrero	163	63,375	388.80	158.638
2011	Marzo	165	58,789	356.30	145.378
2011	Abril	163	50,204	308.00	125.670
2011	Mayo	165	53,680	325.33	132.741
2011	Junio	163	52,078	319.50	130.362
Consumo total periodo junio 2010 - junio 2011			727,401	5,095.860	1,808.029

Consumo promedio anual de una vivienda estrato 6 en KWh

339.724

TABLA VI. Formato por clase de servicio residencial estrato 6

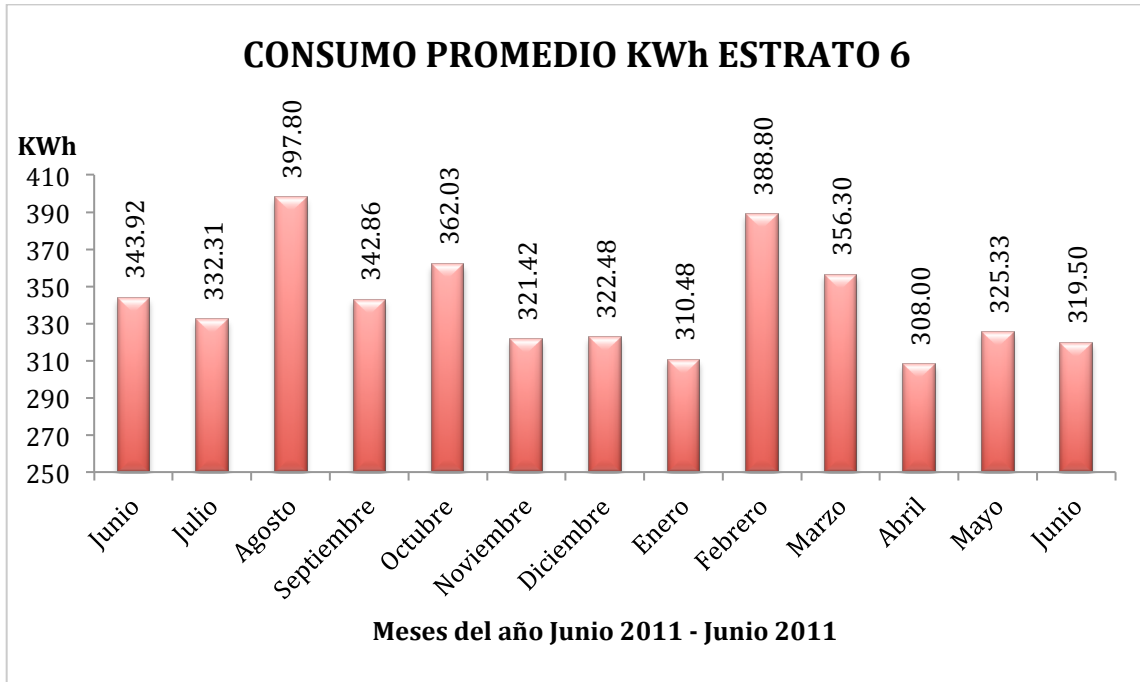


FIGURA VI. Consumo promedio KWh estrato 6

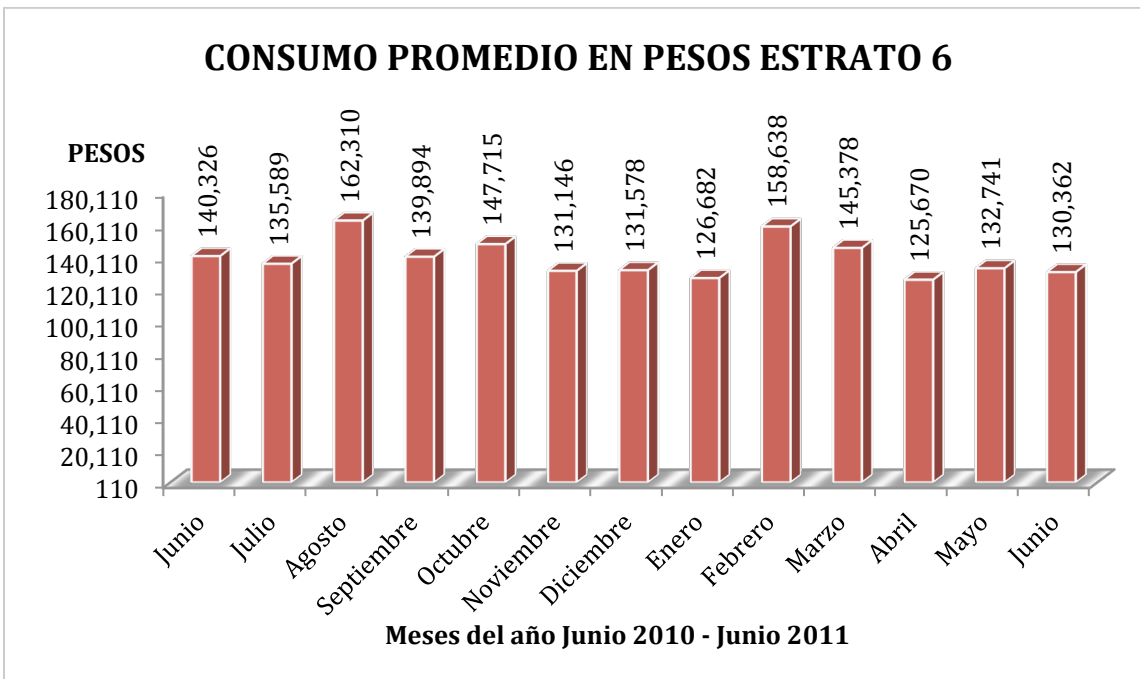
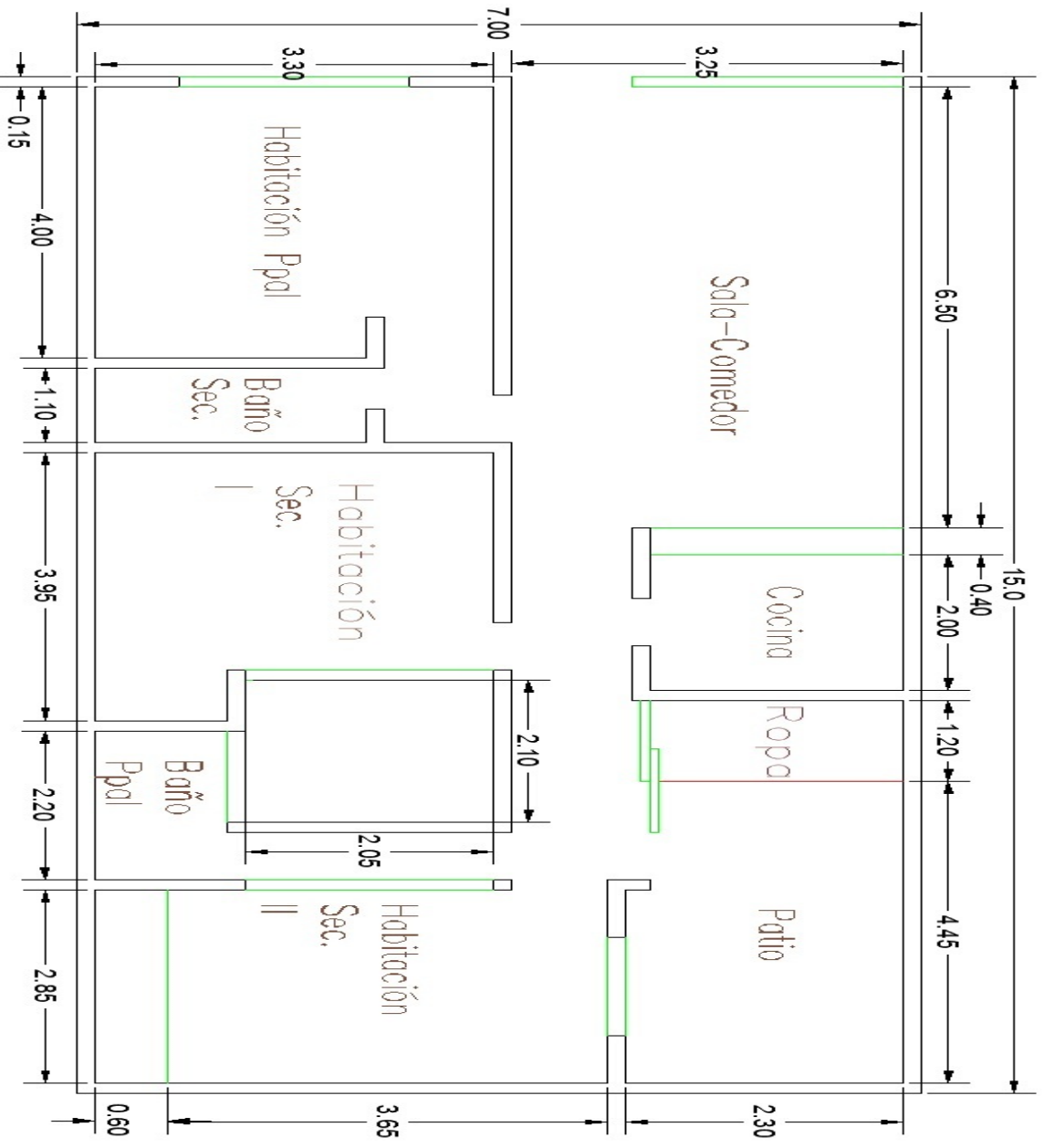
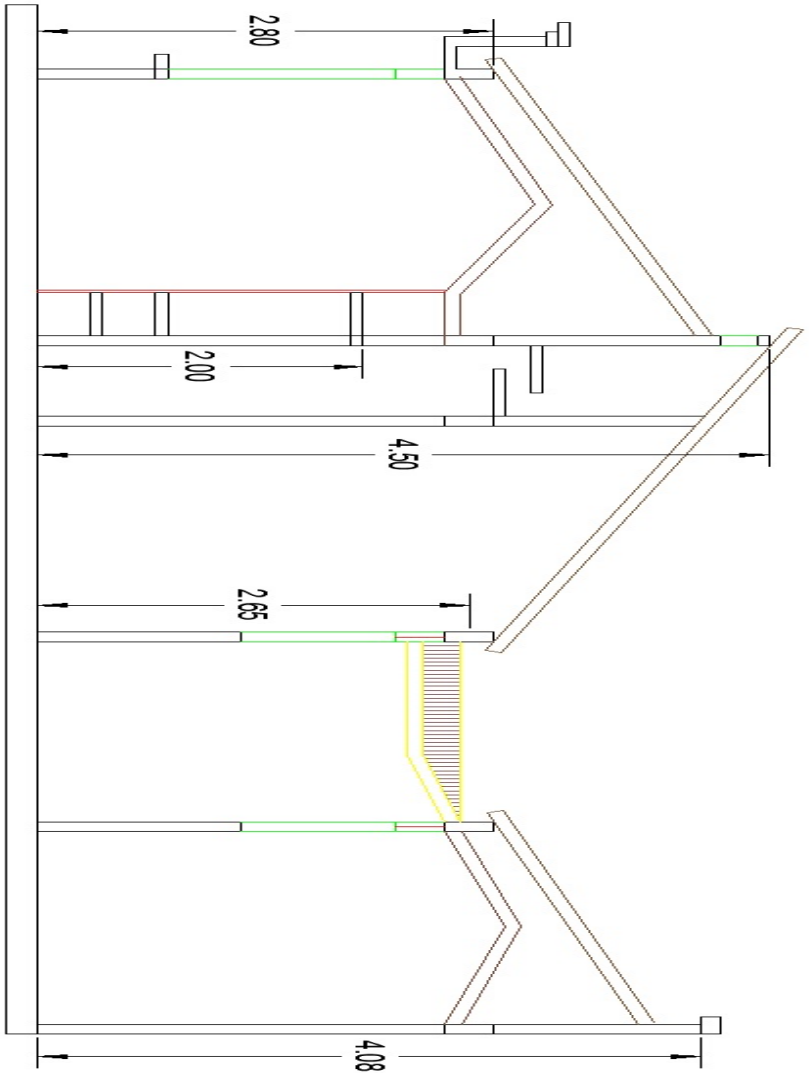


FIGURA VI. Consumo promedio en pesos estrato 6

Anexo 3. Plano de la vivienda





Anexo 4. Tabla valores de reflectancia (aproximada) en % para colores y texturas

TONO	COLOR	VALOR	SUPERFICIES	ACABADOS DE CONSTRUCCIÓN
Muy claro	Blanco nuevo	88	Maple 43 Nogal 16 Caoba 12 Pino 48 Madera clara 30-50 Madera oscura 10-25	Cantera clara 18
	Blanco viejo	76		Cemento 27
	Azul verde	76		Concreto 40
	Crema	81		Mármol blanco 45
	Azul	65		Vegetación 25
	Miel	76		Asfalto limpio 7
	Gris	83		Adoquín de roca 17
Claro	Azul verde	72	ACABADOS METÁLICOS	Grava 13
	Crema	79		Ladrillo claro 30-50
	Azul	55		Ladrillo oscuro 15-25
	Miel	70		
	Gris	73		
Mediano	Azul verde	54	Blanco polarizado 70-85 Aluminio pulido 75 Aluminio mate 75 Aluminio claro 59-79	
	Amarillo	65		
	Miel	63		
	Gris	61		
Oscuro	Azul	8		
	Amarillo	50		
	Café	10		
	Gris	25		
	Verde	7		
	Negro	3		

	Color	Coefficientes de reflexión (%)
Claros	Blanco	75 a 85
	Marfil	70 a 75
	Colores pálidos	60 a 70
Semiclarios	Amarillo	55 a 65
	Café claro	45 a 55
	Verde claro	40 a 50
	Gris	30 a 50
Oscuros	Azul	25 a 35
	Rojo	15 a 20
	Café oscuro	10 a 15

Reflectancias de pared, piso y techo

Anexo 5. Tabla AWG

AWG Table (Chart)

AWG number	46	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34
Diameter in inch	0.0016	0.0018	0.0020	0.0022	0.0024	0.0027	0.0031	0.0035	0.0040	0.0045	0.0050	0.0056	0.0063
Diameter (Ø) in mm	0.04	0.05	0.05	0.06	0.06	0.07	0.08	0.09	0.10	0.11	0.13	0.14	0.16
Cross section in mm²	0.0013	0.0016	0.0020	0.0025	0.0029	0.0037	0.0049	0.0062	0.0081	0.010	0.013	0.016	0.020
AWG number	33	32	31	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21
Diameter in inch	0.0071	0.0079	0.0089	0.0100	0.0113	0.0126	0.0142	0.0159	0.0179	0.0201	0.0226	0.0253	0.0285
Diameter (Ø) in mm	0.18	0.20	0.23	0.25	0.29	0.32	0.36	0.40	0.45	0.51	0.57	0.64	0.72
Cross section in mm²	0.026	0.032	0.040	0.051	0.065	0.080	0.10	0.13	0.16	0.20	0.26	0.32	0.41
AWG number	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
Diameter in inch	0.0319	0.0359	0.0403	0.0453	0.0508	0.0571	0.0641	0.0719	0.0808	0.0907	0.1019	0.1144	0.1285
Diameter (Ø) in mm	0.81	0.91	1.02	1.15	1.29	1.45	1.63	1.83	2.05	2.30	2.59	2.91	3.26
Cross section in mm²	0.52	0.65	0.82	1.0	1.3	1.7	2.1	2.6	3.3	4.2	5.3	6.6	8.4
AWG number	7	6	5	4	3	2	1	0 (1/0) (0)	00 (2/0) (-1)	000 (3/0) (-2)	0000 (4/0) (-3)	00000 (5/0) (-4)	000000 (6/0) (-5)
Diameter in inch	0.1443	0.1620	0.1819	0.2043	0.2294	0.2576	0.2893	0.3249	0.3648	0.4096	0.4600	0.5165	0.5800
Diameter (Ø) in mm	3.67	4.11	4.62	5.19	5.83	6.54	7.35	8.25	9.27	10.40	11.68	13.13	14.73
Cross section in mm²	10.6	13.3	16.8	21.1	26.7	33.6	42.4	53.5	67.4	85.0	107.2	135.2	170.5