



INVESTIGACIÓN Y EVALUACION DE LA DEMANDA ENERGETICA EN VIVIENDAS TIPICAS DE LAS POBLACIONES EMERGENTES DEL SECTOR RURAL PREDOMINANTES EN LA REGION SIERRA DEL ECUADOR

Ing. Roberto Gutiérrez¹, Dra. Patricia Guevara², Flavio Caiza³, Alexander Castro⁴

ABSTRACT

Energy is considered the centerpiece of all the activities of living beings, and therefore its incorrect handling is a very worrying aspect at present, especially that renewable energy and the indiscriminate use is causing unfavorable environmental impacts, such as global warming. According to these alarming effects it's taken into consideration, the use of renewable energy, therefore is intended to maximize the use of renewable energy sources, the main objective of this project is mainly to investigate and assess the energy demand in emerging communities of rural Sierra Region (three regional areas). As well as promoting renewable energy consumption in our country.

Keywords: energy, renewable energy, environmental impacts research, evaluate, demand, emerging communities.

RESUMEN

La energía, es considerada como el eje principal de todas las actividades que realizan los seres vivos, y por tanto su incorrecta utilización es un aspecto muy preocupante en la actualidad, especialmente aquellas energías renovables y el uso indiscriminado está generando impactos ambientales desfavorables, como el calentamiento global. De acuerdo con estos efectos tan alarmantes, se ha tomado en consideración, el aprovechamiento de las energías renovables, por tanto se pretende emplear al máximo las fuentes energéticas renovables; el objetivo principal de este proyecto consiste principalmente en investigar y evaluar la demanda energética en las comunidades emergentes del sector rural de la Región Sierra (tres zonas regionales). Así como también fomentar el consumo de energías renovables, en nuestro país.

Palabras clave: energía, energías renovables, impactos ambientales, investigar, evaluar, demanda, comunidades.

¹ Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Director de Proyecto de Tesis, Docente de la Cátedra de Termodinámica Aplicada, Quito – Ecuador. Email: ergutierrez@espe.edu.ec. Cel. 084533079

² Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Codirector de Proyecto de Tesis, Docente de la Cátedra de Estadística, Quito – Ecuador. Email: patriciaguevarav@hotmail.com. Tel: ESPE: 3989400, ext. 3308, Cel. 0917116254.

³ Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Elaborador del proyecto de Tesis, Postulante al Título de Ing. Mecánico, Quito – Ecuador. Email: flaxibsc_86@hotmail.com, Cel. 092839361

⁴ Escuela Politécnica del Ejército (ESPE), Elaborador del proyecto de Tesis, Postulante al Título de Ing. Mecánico, Quito – Ecuador. Email: ag_castro86@hotmail.com, Cel. 091739750

INTRODUCCIÓN

El presente estudio e investigación se la ha seleccionado a partir del análisis de una profunda necesidad e importancia de energía en los sectores sociales, y en general en las zonas remotas de la Región Sierra, las cuales poseen una crisis humana actual, y pensando en mejorar las condiciones de vida de estas comunidades.

Muchas de las comunidades de la región sierra en el Ecuador están ubicadas en zonas de difícil acceso a donde se llegan por aire, bote, o largas horas de caminata. Un pequeño porcentaje de las viviendas tienen acceso al servicio eléctrico de la red pública y se ha estudiado algunas alternativas para extender este servicio a las áreas remotas.

La cobertura eléctrica en las zonas rurales en los últimos años llegó a un 82,6% que es un valor alto dentro de los parámetros de los países latinoamericanos.[4]

Debe notarse que la energía alternativa está representada en el Ecuador principalmente por el uso de biomasa (leña, bagazo y más residuos vegetales) a nivel doméstico rural. Los datos generados por las agencias especializadas en Ecuador son estimaciones basadas en la demanda y no en la oferta. Según investigaciones desarrolladas por "Energy Pricing, Poverty and Social Mitigation", y ESMAP/Banco Mundial, los derivados de petróleo aportaron con el 71% del requerimiento energético del país, el resto lo suministró principalmente la biomasa con el 20% y la electricidad con el 9%.

La creciente y descontrolada tendencia a utilizar las fuentes de energías primarias, está generando impactos negativos para el medio ambiente así como a las comunidades rurales de campesinos e indígenas en la Región Sierra y por ende a todo el Ecuador, en términos de incremento de la pobreza, exclusión en cuanto a tenencia de la tierra y fuertes efectos ecológicos negativos en las reservas naturales.

La lectura del Balance Energético de Ecuador indica que los hidrocarburos, en particular el petróleo con más del 80%, dominan la oferta de energía primaria en el país mientras que el aporte del conjunto de fuentes renovables de energía es bastante reducido alcanzando solo al 14,6%. [10]

METODOLOGIA

Elegir el tema para desarrollar la investigación y evaluación, fue en base a la problemática actual: mejorar las condiciones de vida y cuidar y salvaguardar al medio ambiente.

La metodología aplicada para desarrollar la investigación, y evaluación sobre la demanda energética en las comunidades tipo de la región Sierra; se realizó en base a la investigación descriptiva; realizando un proceso inicial de búsqueda (captación de datos), recolección (muestreo por conglomerados: es un diseño efectivo para obtener una cantidad específica de información al costo mínimo[9]; análisis de la información (variables) y resultados; con el fin de presentar una base de datos reales de la demanda de energía, L a cual se resume a continuación.

1. Captación de datos

a. Se realizó un procedimiento inicial de búsqueda en entidades del gobierno como: INEN, CONELEC, OLADE, CENACE, CENTROSUR, SISE.

b. Los criterios de búsqueda fueron en base a palabras claves: comunidad (community), población (population), energía renovable (renewable energy), demanda energética (energy demand).

2. Muestreo

De las 10 provincias de la región sierra a ser estudiadas, según los mapas del INEC se ha determinado la existencia de 1036 comunidades remotas y el segmento de esta población a ser estudiado, lo conforman 747 comunidades las cuales cumplen con las siguientes características:

- Se encuentran alejadas de su cabecera cantonal.
- Están ubicadas en cualquiera de los hemisferios (norte, sur, este u oeste) de su mapa parroquial.
- Cada comunidad tiene desde 3 hasta 40 hogares o viviendas. Esta última característica, se ha considerado por cuanto la implementación de proyectos con Energía Renovable es más factible en estas comunidades.

MARCO MUESTRAL

Para poder calcular el tamaño de la muestra se tomó una muestra piloto de 4 comunidades de la Sierra; donde además de probar el cuestionario (encuesta) se determinó una proporción de éxito (Conocimiento de la utilidad de la energía Solar) aproximado necesaria para calcular el tamaño de la muestra, luego del cual se usó un método adecuado, como uno basado en la aleatoriedad.[7]

$$N = 747$$

$$n^* = 4; \text{ número de comunidades iniciales.}$$

$$m_i: \text{ número de hogares encuesta previa} = 15$$

$$a_i: \text{ utilidades de la energía solar de encuestados previos} = 6$$

$$p = \frac{a_i}{m_i} = 0,4$$

$$x_i = (a_i - m_i * p)^2$$

$$\text{varianza de conglomerados} = \frac{\sum_{i=0}^{i=4} x_i}{n^*} = 0,4$$

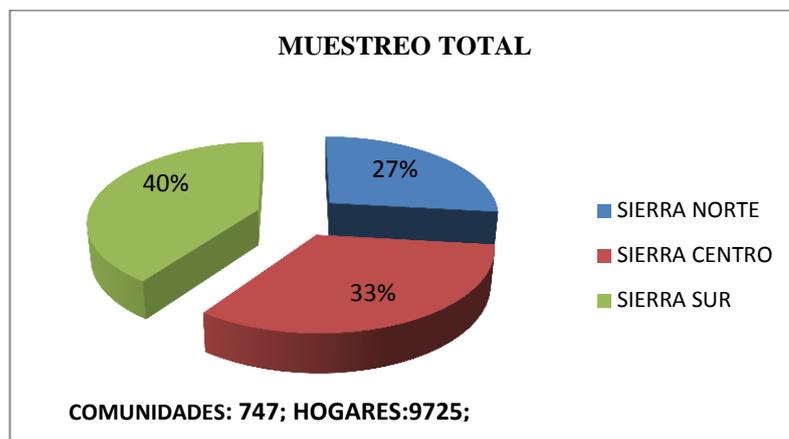
$$M: \text{ total de viviendas remotas} = 27092$$

$$\text{promedio } M = \frac{M}{N} = 22,35$$

$$B: \text{ error} = 0,0102$$

$$n = \frac{N * \text{varianza de conglomerados}}{4 + \text{varianza de conglomerados} + N * B^2 * (\text{promedio } M)^2}$$

$$n = 37 \text{ comunidades}$$



ANÁLISIS DE INFORMACIÓN

La información recolectada, se analizó cuidadosamente, siguiendo estas diferentes áreas:

1. Ubicación geográfica de la comunidad
2. Área de conocimientos básicos de energías renovables
3. Área de consumo energético
4. Área de demanda energética en el hogar.

6. Resultados

a. En base a la investigación descriptiva y las variables utilizadas para analizar la información, se proporcionan los resultados de la investigación con tablas comparativas, diagramas de pastel que son producto de programas estadísticos como el SPSS 18, Microsoft Excel; estos son la base para obtener las conclusiones.

Los resultados obtenidos en la investigación sobre la oferta y demanda energética; se describen en la Tabla 1.

Tabla 1 Conocimiento regional de energías renovables.

División zonal	Porcentaje de conocimiento
REGIÓN SIERRA NORTE	11%
REGIÓN SIERRA CENTRO	5%
REGIÓN SIERRA SUR	4%

Tabla 3 Porcentaje de habitantes que conocen los beneficios de las Energías Renovables.

		SOLAR		EOLICA		HIDRAULICA		GEOTERMICA		BIOMASA		Total
DIVISION ZONAL	REGION SIERRA NORTE	12		12		12		12		12		152
		8%		8%		8%		8%		8%		100%
	REGION SIERRA CENTRO	17		8		7		4		5		168
		10%		5%		4%		2%		3%		100%
	REGION SIERRA SUR	45		11		8		6		8		156
		29%		7%		5%		4%		5%		100%
Total regional		74	16%	31	7%	27	6%	22	5%	25	5%	476

Tabla 4 Promedio de habitantes en los hogares de las comunidades remotas de la Región Sierra

DIVISION ZONAS	Promedio de habitantes
REGION SIERRA NORTE	4,64
REGION SIERRA CENTRO	4,60
REGION SIERRA SUR	4,85

INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Según los resultados de las encuestas aplicadas a las comunidades tipo de la Región Sierra y mediante la utilización de programas estadísticos como el EXEL y PASW Statistics 18 se puede observar que en nuestra Región el nivel de conocimiento de las Energías Renovables es bajo y es por eso que no se puede explotar en todo su nivel estas fuentes. Por ejemplo existen comunidades que la demanda de energía es baja y la oferta es alta lo que produce perdidas en la instalaciones de redes eléctricas, y estas comunidades son ricas en materia prima de leña y residuos agropecuarios lo que haría que se satisfaga perfectamente las necesidades de las personas con proyectos que utilicen estas fuentes.

Otro de los resultados es la utilización de la fuente más común que es el sol, las comunidades la principal actividad económica es la agricultura y se utiliza el sol para el secado de estas pero sin un proyecto que se optimice esta energía, la población se da modos y se ingenia para aprovechar de mejor manera esta fuente que hoy en día no se la está aprovechando de mejor forma.

DEMANDA ENERGETICA EN LAS COMUNIDADES REMOTAS

Según el análisis estadístico los resultados de consumo energético en las comunidades remotas de la Región Sierra son los siguientes:

Tabla 5 Promedio de demanda energética en las comunidades remotas de las provincias de la región Sierra.

PROVINCIA	Eléctrica (KWh)	Solar (KWh/m2)	Eólica (MW)	Hidráulica (MW)	Geotérmica (MW)	Biomasa (KWh)	Gas domestico (KWh)	Leña (KWh)
AZUAY	93	4,459	0	0	0	2019,20	223,57	312,86
BOLIVAR	67,79	4,53	0	0	0	24014,70	192,82	221,76
CAÑAR	105,49	4,57	0	0	0	3955,35	226,41	558,02
CARCHI	52,70	4,544	0	0	138	1811,36	195,58	150,38
CHIMBORAZO	59,57	4,588	0	0	0	7344,43	207,81	598,32
COTOPAXI	114,27	4,513	0	0	0	5529,46	240,13	539,42
IMBABURA	130,38	4,475	0	0	0	4399,71	271,87	504,26
PICHINCHA	98,36	4,518	0	0	0	22430,68	196,47	377,33
TUNGURAHUA	45,46	4,572	0	0	0	6177,93	242,72	578,31

Grafico 1 Demanda de energía eléctrica por comunidades remotas de la región Sierra

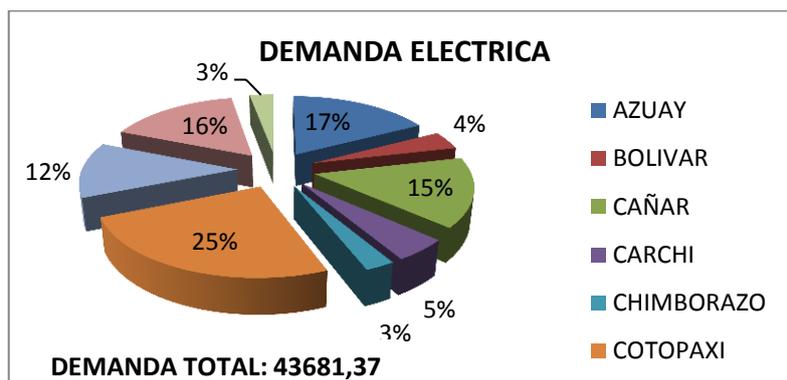


Grafico 2 Demanda de biomasa por comunidades remotas de la región Sierra

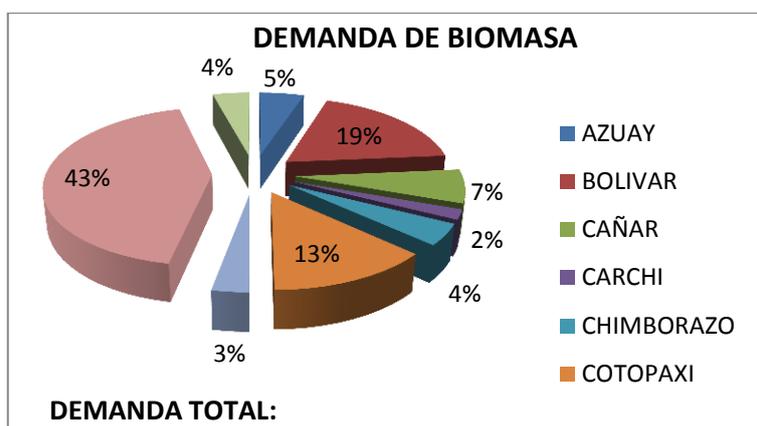
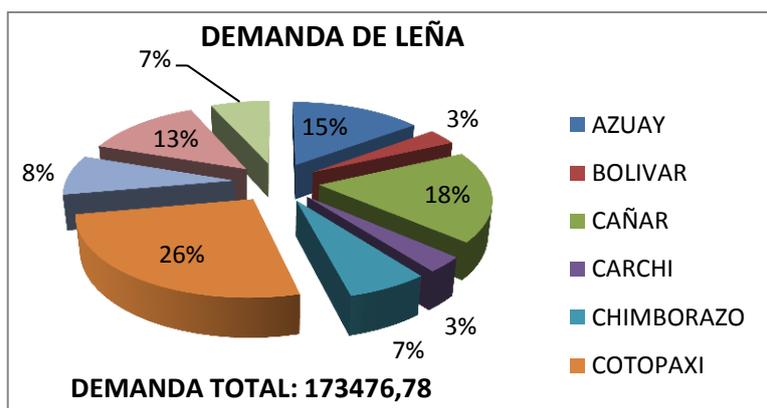


Grafico 3 Utilización de leña por parte de las comunidades remotas de la región Sierra



FORMULAS PARA EL CALCULO DE DEMANDA ENERGETICA

- $\text{consumo de energía [KWh]} = \frac{\text{pago de energía (usd)}}{\alpha}$; $\alpha = \text{cte} = 0,078$
- $\text{consumo de energía [KJ]} = \text{consumo de energía [KWh]} * 3600$
- $\text{energía producida por residuos forestales [KJ]} = \text{cantidad [qq]} * \beta * \gamma * \delta$;
donde: $\beta = 3719$; $\gamma = 46$; $\delta = 4,18$
- $\text{energía producida por residuos agropecuarios [KJ]} = \text{cantidad [qq]} * \beta * \gamma * \delta$;
donde: $\beta = 7551$; $\gamma = 46$; $\delta = 4,18$

IRRADIACIÓN EXTRATERRESTRE SOBRE UNA SUPERFICIE HORIZONTAL

- $Bod(0) = \frac{24}{\pi} * Bo * Eo * (\cos\phi * \cos\delta) * (\omega s * \cos\omega s - \text{sen}\omega s)$

donde:

$$Bo = 1367 \left[\frac{W}{m^2} \right] \text{cte solar};$$

$$\omega s = -\cos^{-1}(-tg\delta * tg\phi)$$

$$\delta = \frac{23,45 * \pi}{180} * \text{sen} \left(2\pi * \frac{\delta r + 284}{365} \right)$$

RADIACION GLOBAL HORIZONTAL

- $KT = \frac{G\delta m(0)}{Bod(0)}$

$$Kdm = 1 - 1,13 * KTm$$

$$Ddm(0) = Kdm * G\delta m$$

BALANCE ENERGÉTICO DE LAS COMUNIDADES TIPO SELECCIONADAS

La producción de energía en la región sierra en la actualidad es aproximadamente de 7985592 MWh de los

cuales 6911892 MWh (86,55%) corresponden a energía renovable, y 131,7 (13,44%) a energía no renovable. [4]

Tabla 6 Datos Generales del balance energético de cada provincia

PROVINCIA	TOTAL DE VIVIENDAS A ELECTRIFICAR EN EL SECTOR RURAL	PROMEDIO DE ENERGIA GENERADA POR LAS FUENTES NATURALES EN CADA VIVIENDA (MWh)	CONSUMO DE ENERGIA PROMEDIO POR VIVIENDA (MWh)	GENERACION DE POTENCIA PARA TODA LA PROVINCIA (MW)
AZUAY	2214	2,56	0,093	1318,89
BOLIVAR	5529	2,81	0,067	1,33
CAÑAR	839	4,68	0,105	27,6
CARCHI	1651	2,14	0,052	6,23
CHIMBORAZO	2123	8,13	0,059	15,3
COTOPAXI	5592	6,31	0,11	26,88
IMBABURA	3460	5,17	0,13	43,32
PICHINCHA	5877	22,99	0,98	239,01
TUNGURAHUA	554	6,98	0,045	448,21

CONSTRUCCIÓN DE LA CURVA DE OFERTA Y DEMANDA ENERGÉTICA DE CADA UNA DE LAS COMUNIDADES SELECCIONADAS

De acuerdo a los datos obtenidos se realizo las curvas de oferta demanda, así como también las proyecciones de

demanda hasta el año 2020, tomando solamente la energía eléctrica y la biomasa, ya que las demás energías renovables no tienen datos exactos de oferta. Pudiéndose observar en las proyecciones un crecimiento descontrolado de biomasa, esto seguirá ocurriendo si no se realizan más proyectos con este tipo de energía.

Grafico 5 Demanda de biomasa en comunidades remotas de la región sierra

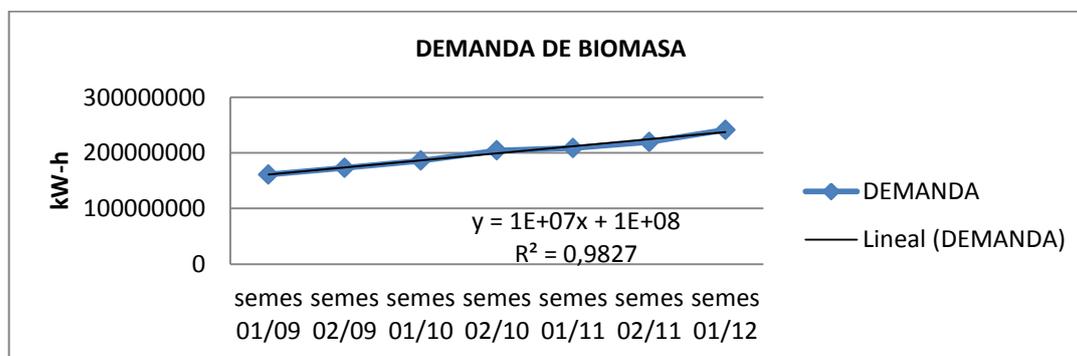


Grafico 6 Proyección de demanda de biomasa en comunidades remotas de la región sierra

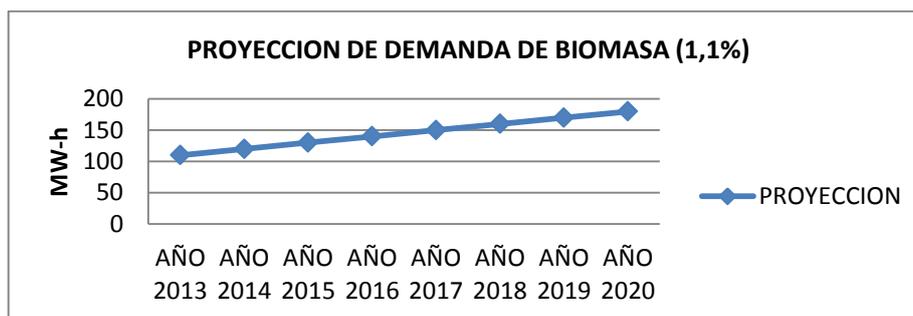


Grafico 7 Demanda de energía eléctrica en comunidades remotas de la región sierra

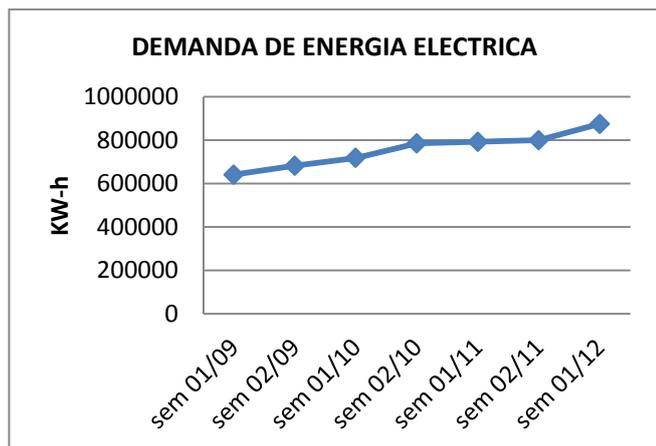
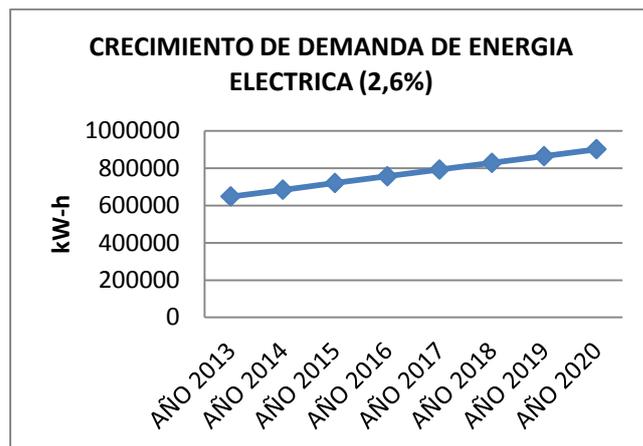


Grafico 8 Proyección de demanda de energía eléctrica en comunidades remotas



CONCLUSIONES

- Una vez realizado la investigación se concluye que el conocimiento en temas relacionados con Energías Renovables en las comunidades remotas de la Región Sierra es del 6,6%, lo que explica que la utilización de estas energías son mínimas o nulas.
- En las comunidades de los sectores rurales de la Región Sierra existe una cobertura eléctrica del 82,6%, a pesar de esto existen comunidades que no poseen este beneficio por la dificultad de acceso de la red eléctrica, siendo factible en estas comunidades trabajar con proyectos de Energía Renovable, los cuales puedan satisfacer las necesidades de estas poblaciones.
- De acuerdo a la investigación y evaluación realizada en este proyecto se pudo observar que las comunidades de los sectores rurales de la Región Sierra son ricas en recursos biomásicos, los cuales por falta de conocimiento de los habitantes y la falta de información técnica del aprovechamiento de estos recurso, se esta usando indiscriminadamente y de manera artesanal, lo cual perjudica al medio ambiente.
- El 95% de la población de las comunidades de la Región Sierra apoyaría la implementación de proyectos de Energía Renovable que replacen la energía convencional, con los resultados obtenidos en la investigación en lo referente a demanda energética se puede analizar los proyectos mas rentables y eficientes para cada localidad de la Región.
- Según los resultados del Grafico 8 existe un crecimiento anual del 2,6% de energía eléctrica en las comunidades remotas de la Región Sierra, este crecimiento es un valor alto dentro de los parámetros de población y vivienda.

BIBLIOGRAFIA

- [1]. CALDERON RUFINA, Estadística Descriptiva: conceptos y aplicaciones Editorial San Marcos.
- [2]. CAMPOS MANUEL, Los biocombustibles, Mundi prensa 2009.
- [3]. CHAVESTA FERNANDEZ, Estadística Aplicada, técnicas para la investigación, 2da Edición 1993.
- [4]. CONELEC. Plan Maestro de Electrificación 2009-2020, Pág. 19, 162, 208, 212, 222. Febrero 2012
- [5]. GONZALES J, PEREZ R, SANTOS A, CASTRO M, Centrales de energías renovables; Generación eléctrica con energías renovables. Pearson Educación 2009
- [6]. INEC, Instituto Nacional de Estadística y Censos
- [7]. MARIO F. TRIOLA Probabilidad y Estadística Novena Edición, pág. 23, Diciembre 2011
- [8]. Ministerio de Energías y Minas, 1997
- [9]. MONTGOMERY D. RUNGER G. Probabilidad y Estadística aplicadas a la ingeniería. Pág. 3, Noviembre 2011
- [10]. Organización Latinoamericana de Energía (OLADE); el Sistema de Información Económico - Energética (SIEE) y el Balance Energético de Ecuador. Diciembre 2011
- [11]. Proyecto OPET América Latina y Caribe
- [12]. RODRIGUEZ MARIO, Energía Renovables, Thomson Editores 1999.
- [13]. SCHEAFFER R. MENDENHALL W. OTT L. Elementos de Muestreo. Pág. 197, Noviembre 2011