

Diagnóstico del consumo energético en el Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico-SENA Apartadó, Antioquia, Colombia.

Diagnosis of energy consumption in Complejo Tecnológico, Agroindustrial, Pecuario y Turístico – SENA, Apartadó, Antioquia, Colombia

Osmer David Núñez Julio¹, Olivia Janeth Rivas Rocha¹, Jorge Alirio Barbosa Remolina¹, Lina María Sánchez Cardozo¹

Resumen

El presente artículo tiene como finalidad diagnosticar el consumo de energía del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, ya que desde el año 2011 ha tenido un consumo energético en crecimiento, lo cual se ve reflejado en las facturas de cobro y el elevado consumo por horas, pasando de \$98.175.124 pesos a \$197.316.800 pesos anuales en el 2017, en vista de esta situación, se pensó en implementar el uso de la energía solar fotovoltaica y luminarias led, como alternativa para el ahorro energético. Las ventajas de usar energía solar según Cuervo (2007) son: No produce polución, ni contaminación ambiental, silenciosa, tiene una vida útil superior a 20 años, resiste a condiciones climáticas extremas: granizo, vientos; no requiere mantenimiento complejo, solo limpieza del módulo solar y estado de baterías, se puede aumentar la potencia instalada y la autonomía de la instalación, incorporando nuevos módulos y baterías respectivamente y lo mejor no consume combustible. Además, el uso de las luminarias led, también presenta ventajas económicas, puesto que individualmente trae consigo características que la hacen apropiada para la solución a nuestro problema, Fuertes (2016) propone a continuación algunas de ellas: Eficiencia energética con un consumo de hasta un 85% menos de electricidad, mayor vida útil pudiendo ofrecer unas 45.000 horas de uso, la luz más ecológica, no sólo por el ahorro energético sino por los componentes químicos que la forma, nada de tungsteno o mercurio y resto de productos tóxicos, baja emisión de calor y mínimo mantenimiento. Ante el agotamiento de ciertos recursos energéticos y el impacto que esto puede tener en la calidad de vida de la gran mayoría de personas y del medio ambiente en un futuro no muy lejano, se hace imprescindible fomentar la enseñanza de actitudes como el cuidado y ahorro de la energía, con posibilidades de un planeta habitable para las próximas generaciones.

Palabras claves: Consumo energético, energía solar fotovoltaica, ahorro energético, luminarias led, fuentes de energía.

Abstract

The purpose of this article is to diagnose the energy consumption of the Livestock and Tourism Agroindustrial Technological Complex of the SENA National Learning Service, since since 2011 it has had a growing energy consumption, which is reflected in the billing invoices and the high consumption per hours, going from \$ 98,175,124 pesos to \$ 197,316,800 pesos per year until 2017, in view of this situation, it was thought to implement the use of photovoltaic solar energy and led luminaires, as an alternative for energy saving, since other sources of energy such as wind or hydroelectric power are not recommended due to the Urabá climate and in addition to the desire to contribute to the conservation of the environment. The advantages of using solar energy according to Cuervo (2007) are: It does not produce pollution, or environmental pollution, it is silent, has an useful life of more than 20 years, it resists extreme weather conditions: hail and winds does not require complex maintenance, only cleaning the solar module and battery status, it can increase the installed power and the autonomy of the installation, incorporating new modules and batteries respectively and the best, does not consume fuel. In addition, the use of led luminaires, also has economic advantages, since individually brings

¹Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario Y Turístico – SENA. Apartadó – Antioquia. Grupo de investigación ABIBE Tel 57 (54) 8280072 IP 44222. CP:050784. E-mail

* Autor para correspondencia. Cel +57 320 6619704. Correo electrónico: osmer2914@gmail.com; (O.D. Núñez-Julio).



characteristics that make it appropriate for the solution to our problem, Fueres (2016) suggests below some of them: Energy efficiency with a consumption of up to 85% less electricity, longer life can offer about 45,000 hours of use, the most ecological light, not only for energy savings but for the chemical components that form, no tungsten or mercury and other toxic products, low emission of heat and minimal maintenance. Given the exhaustion of certain energy resources and the impact this can have on the quality of life of the vast majority of people and the environment in the not too distant future, it is essential to promote the teaching of attitudes such as caring and saving energy, with possibilities of a habitable planet for the next generations.

Key words: Energy consumption, photovoltaic solar energy, energy saving, led luminaires, energy sources.

Introducción

Con el pasar de los tiempo el hombre ha buscado iluminar sus casas y recintos para mejorar su calidad de vida y sentirse seguro en el entorno en el que se desarrolla (Briñón, 2015), por tanto, el consumo energético de la humanidad se ha incrementado considerablemente, incurriendo en gastos por el pago de la misma a las empresas que ofrecen el servicio, las instituciones educativas no son ajenas a ello, ya que para el buen desarrollo de los estudios y el manejo de equipos en las aulas de clase, se hace necesario el consumo de energía, viéndose en la necesidad de pagar altas facturas por el consumo de la misma. Briñón (2015) estableció que:

La iluminación en el sector, público, privado, industrial, comercial y residencial consume cerca del 20% de la energía en una ciudad como Medellín. Las nuevas alternativas de iluminación con LED permiten ahorros de más del 50% con respecto a las tecnologías ahorradoras más eficientes convencionales (vapor de sodio, fluorescente, halógeno, etc.) con la ventaja de cumplir normas ROHS que en el momento de desecharlas no producen mayor contaminación ambiental. p.12

Cabezas (2013) en su estudio estableció que “es factible reducir el costo en el consumo de energía eléctrica mediante el uso de tecnología led en los laboratorios de la facultad de ingeniería de sistemas e informática de la Universidad Nacional de San Martín”. p.75.

Debido a la dependencia a la energía eléctrica por parte del ser humano en todas sus actividades se ha pensado en la necesidad de usar energías renovables como la energía eólica, solar y mareomotriz, las cuales son una alternativa para

disminuir gastos y ser amigables con el ambiente. Rodríguez (2009) establece que la energía solar:

Entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable y su utilización libre de polución. Pero, para su utilización, es necesario tener en cuenta su naturaleza intermitente, su variabilidad fuera del control del hombre y su baja densidad de potencia. Estas dificultades conllevan entonces la necesidad de transformarla a otra forma de energía para su almacenamiento y posterior uso. p.84

Sin embargo ese almacenamiento ya se usa de forma fácil y eficiente con la utilización de bancos de baterías y la utilización de inversores para convertir la energía continua en energía alterna. Permitiendo que la ingeniería solar precisamente se ocupe de asegurar el suministro confiable de energía para el usuario teniendo en cuenta estas características (Rodríguez, 2009)

Fueres (2016) propone que las luminarias led y alimentación solar fotovoltaica por sus características constructivas permiten mejorar el aspecto operacional de los sistemas de alumbrado público, además de que este tipo de iluminación es amigable con el ambiente y se generará un gran ahorro en cuanto a costos de iluminación de áreas urbanas, autopistas, avenidas, calles, sitios de recreación y escuelas.

Los objetivos de éste estudio estaban encaminados en diagnosticar el consumo de iluminación fluorescente en el Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico-CTAPT para la implementación de energía solar con luminarias led, con el fin de disminuir el consumo de energía eléctrica, remplazando el tubo fluorescente y su zócalo, sin afectar la estructura para la ubicación de las lámparas que actualmente existe, calcular el



consumo de energía por hora de la iluminación actual y establecer el análisis de costos para realizar la conversión de energía convencional a energía solar y luminarias led, por etapas en el Complejo según demanda de los ambientes de aprendizaje. Como una respuesta a lo que proponen Hernández y Ramírez (2015) cuando dicen que:

Se hace necesario replantear la forma como se provee energía a las instituciones educativas en Colombia. Este cambio de paradigma requiere de estudios, análisis y evidencias que sustenten, no solo la fundamentación, sino también la puesta en marcha de nuevas políticas públicas que incentiven el uso de energías alternativas. Que generen un menor costo de amortización en el tiempo, menor dependencia de los sistemas interconectados, un futuro menos contaminado y un cambio de pensamiento en las futuras generaciones, creando conciencia y responsabilidad social. (p.19).

Por tanto, se espera que éste estudio siembre la base fundamental para la implementación de forma seria y estructurada de la energía solar y el ahorro de energía en el Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA.

Metodología

El presente estudio se desarrolló en el municipio de Apartadó-Antioquia, subregión de Urabá, en el Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, en varias fases del proceso, los cuales se describen a continuación:

Fase No 1: Se tomó el registro de cantidad y características de las lámparas fluorescentes y bombillos a base de vapor de sodio existentes en el Complejo, también se realizó un análisis de costos en los últimos años de consumo de la institución desde el 2011 hasta el 2017.

Fase No 2: Se realizó ensayos experimentales para verificar si se podía reemplazar el tubo fluorescente y su socket de las lámparas existentes conservando el portalámparas con el fin de no afectar la estructura de cielo falso y reducir el costo de la adaptación

Fase No 3: Se hizo el cálculo para determinar el consumo energético en iluminación por hora. Seguidamente se hizo el análisis de costos y beneficios para la conversión por etapas en el Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico.

Fase No 4: Se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos con respecto al consumo de los últimos 7 años, los cuales se tabularon en el formato Excel 2013 versión 15.0, tomando la opción de gráficas con el método de Tukey, seguidamente se utilizó otra forma de relacionar el consumo de energía de la institución frente al tiempo en años período 2011-2017, llamado box plot o caja de bigotes que se lleva a cabo por medio del valor pico de cada año y le pronostica un balance de probabilidad (baja o sube) en cada uno.

Resultados y discusión

Antioquia hace parte de los departamentos que pertenecen a las regiones generadoras de energía hidroeléctrica (Antioquia, Boyacá, Santander y Cundinamarca) las cuales son las que proveen casi la totalidad de la energía eléctrica del país.

Esta dependencia va más allá de un simple aspecto técnico; es una dependencia que tiene importantes connotaciones económicas, políticas y sociales. Esta dependencia puede llegar a limitar el desarrollo regional y local, y esto en última instancia afecta la calidad de vida de los habitantes de todo un país, entendiéndonos así como una república unitaria (Hernández y Ramírez, 2015, p.18)

Por tanto, la energía solar además de ser amigable con el medio ambiente, se constituye como una alternativa para aquellos lugares donde el acceso a las redes eléctricas convencionales aún no han podido llegar, así como también permite llevar energía barata, renovable y eficiente a todos los lugares del país además de disminuir la total dependencia de los centros urbanos de la energía hidroeléctrica (Hernández y Ramírez, 2015).

Para el complejo SENA de Apartadó, a simple vista parece ser demasiado costosa la conversión a energía solar; puesto que según los cálculos realizados en el presente estudio, la transformación de toda la iluminación a energía solar tendría un costo total de \$240.563,223 pesos colombianos al

2017, pero si hacemos un balance mensual de las facturas de nuestro operador de red mes a mes (Tabla 1), se puede observar como el incremento del consumo energético pasó de \$98.175.124 pesos en el 2011 a \$197.316.800 pesos para el año 2017, es decir, el Complejo está llegando a pagar el precio que cuesta la conversión durante dos años de servicio en energía convencional, permitiéndonos entender que es más económico a largo plazo el realizar ésta transformación a energía solar y luminarias led, a pesar de que la inversión inicial es muy costosa. En la tabla 1 también se observan los meses con mayores picos de consumo, los cuales son los meses de febrero a noviembre para los años 2011 y 2012, sin embargo, para el mes de diciembre después del 2013 hasta el 2017 parece ser que el Complejo ha mantenido un consumo muy similar al consumo de los meses de mayor actividad, donde diciembre conserva consumos iguales de altos o similares. Para el 2011, los meses con mayor consumo fueron abril y junio con valores respectivamente de \$9.913.604 y \$9.625.832. Durante el año 2012 y 2015 los meses con mayor gasto fueron agosto y septiembre, en el 2013 los mayores gastos estuvieron concentrados

en los meses de agosto y octubre, en el 2014 los gastos más elevados fueron septiembre y noviembre, Para el 2016 fueron septiembre y octubre los de mayor consumo, por tanto, septiembre es un mes que refleja valores de consumos elevados para los años 2012, 2014, 2015, 2016 y 2017. Este comportamiento de crecimiento del complejo no es ajeno a lo propuesto y planeado para Colombia, ya que el Ministerio de Minas y Energía (2013) establecía que:

Durante la última década nuestro país había aumentado su consumo de tasa media anual a unos 2,9%, y se esperaba que en el escenario medio existiera un crecimiento de la demanda eléctrica de 3.9% y 4.4% para los años 2013 y 2014, respectivamente, valor alentado por la entrada de nuevas cargas petroleras; para el periodo 2012-2020 el estudio proyectaba un crecimiento medio anual de la demanda de 3.9%. Respecto a la potencia máxima de energía eléctrica, se calculaba un crecimiento para lo restante de la década de 3.1% (p.3).

Tabla 1. Costos facturados y cancelados del consumo energético del CTAPT 2011-2017

Costos facturados para el Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuario y Turístico 2011-2017							
Mes	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Enero	\$ 7.359.218	\$ 5.360.520,00	\$ 5.989.440,00	\$ 11.384.280,00	\$ 8.254.400,00	\$ 10.744.968,00	\$ 4.756.147,00
Febrero	\$ 5.671.384	\$ 9.417.124,80	\$ 11.084.160,00	\$ 5.175.000,00	\$ 6.446.400,00	\$ 5.748.988,00	\$ 12.125.583,00
Marzo	\$ 5.677.850	\$ 9.055.672,68	\$ 10.460.768,00	\$ 9.315.000,00	\$ 14.500.396,00	\$ 15.975.718,00	\$ 18.458.545,00
Abril	\$ 9.913.604	\$ 8.392.386,60	\$ 10.080.000,00	\$ 9.798.840,00	\$ 13.283.329,00	\$ 14.297.420,00	\$ 17.733.789,00
Mayo	\$ 9.570.864	\$ 10.421.760,00	\$ 11.160.000,00	\$ 8.364.720,00	\$ 12.348.824,00	\$ 13.397.044,00	\$ 16.805.069,00
Junio	\$ 10.498.850	\$ 9.976.241,40	\$ 9.945.000,00	\$ 9.828.000,00	\$ 14.386.665,00	\$ 16.755.898,00	\$ 18.528.217,00
Julio	\$ 9.625.832	\$ 8.616.230,64	\$ 9.815.396,76	\$ 12.927.040,00	\$ 13.300.560,00	\$ 14.006.079,00	\$ 16.426.412,00
Agosto	\$ 8.387.440	\$ 10.748.081,52	\$ 11.547.525,60	\$ 12.992.000,00	\$ 13.562.640,00	\$ 14.021.194,00	\$ 17.184.106,00
Septiembre	\$ 9.386.560	\$ 10.614.754,80	\$ 11.058.886,80	\$ 14.010.400,00	\$ 14.593.072,00	\$ 17.872.063,00	\$ 19.354.454,00
Octubre	\$ 9.156.989	\$ 10.160.664,00	\$ 11.521.440,00	\$ 13.238.523,20	\$ 1.502.228,00	\$ 18.773.498,00	\$ 19.522.671,00
Noviembre	\$ 9.599.965	\$ 9.821.238,92	\$ 11.067.840,00	\$ 15.062.924,80	\$ 13.272.432,00	\$ 15.122.367,00	\$ 17.463.509,00
Diciembre	\$ 3.327.169	\$ 5.261.088,74	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 15.349.026,00	\$ 15.663.579,00	\$ 18.958.298,00
TOTALES	\$ 98.175.724	107845764,10	\$ 113.730.457,16	122.096.728,00	\$ 140.799.972,00	\$ 172.378.816,00	\$ 197.316.800,00

Según Pinzón, Corredor, Santamaría, Hernández y Trujillo (2014) el consumo energético en

instituciones educativas varía a lo largo de los meses y tiene variaciones grandes, debido a los



períodos vacacionales, lo que coincide con los resultados de mínimo consumo para el Complejo, ya que, el mes de enero es el que representa este consumo durante el año, cuando se observa el período 2011 a 2017, el Complejo mantuvo un promedio cercano de crecimiento más o menos homogéneo entre los años 2011 y 2014, a partir de ésta fecha presentó un aumento ascendente en los consumos hasta el 2017 (Figura 1).

La Figura 1 muestra el creciente consumo energético del Complejo Tecnológico Agroindustrial Pecuuario y Turístico, generando un gran impacto negativos de recursos monetarios y ambientales, cifras de consumo anuales que estaban en promedio aumentando con cada año que pasaba durante los 7 años el consumo fue de 303.630 kilovatios en el año 2011 hasta aproximadamente 421.760 kilovatios en el año 2017, cifras que son considerablemente altas en materia de consumo, pero que se considera están cercanas a las normales de una institución educativa, ya que Pinzón et al. (2014) realizaron una investigación similar en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, donde presentaban consumos para el año 2011 y 2012 similares.

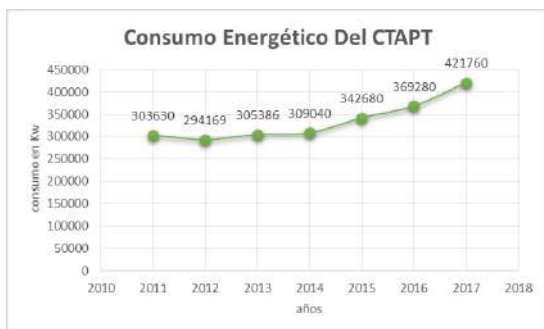


Figura 1. Consumo de energía en kilovatios. Diagnóstico del consumo energético del Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuuario y Turístico-SENA.

Al realizar la prueba de Tukey con los datos promedios de consumo frente al año, se estableció que se muestran 2 subconjuntos homogéneos, basados en las medias de observación, ya que, para el grupo a, se mantiene una diferencia normal en los años 2011 y 2012, mientras que entre los años 2013 hasta 2016 se mantiene un balance de alto consumo pero estadísticamente sin mucha diferencia de valores, por lo tanto existen

diferencias significativas entre el año 2016 y 2017 en el cual el consumo energético se elevó. (Tabla 2), el primer grupo corresponde al consumo desde el año 2011 hasta el 2012 y el otro grupo comienza en el 2013 y termina en el 2016, quedando así el año 2017 de mayor consumo marcando la diferencia.

Tabla N° 2. Comparación entre consumo (kW) y los años registrados. DHS de Tukey a,b.

Año	N	Grupos
2012	12	24514,0833 ^a
2011	12	25302,5000 ^a
2013	11	27762,3636 ^{ab}
2014	11	28094,5455 ^{ab}
2015	12	28556,6667 ^{ab}
2016	12	30773,3333 ^{ab}
2017	12	35146,6667 ^b
Sig.		,355

Para poder llegar al costo total de inversión, se realizaron pruebas preliminares de funcionamiento de la energía solar y las luminarias led, ya que una vez se realizó el inventario y análisis se procedió a determinar

1. Que la cantidad de lámparas fluorescentes a intervenir en el Complejo eran 400

Tabla 3. Calculo de consumo, costo de consumo y cantidad de lámparas actualmente del CTAPT

Cantidad Lámparas	400
Potencia En W Por Lámpara	64
Potencia Total En W	25600
Kw/H Consumido	332,8
Costo Kw/H	470,00
Valor Energía Mensual	4.692.480,00

2. El consumo para una lámpara del CTAPT es de: 64 Vatios = 71 Voltio-Amperios (potencia reactiva), teniendo en cuenta el presente dato se puede determinar que el consumo aproximado de energía eléctrica en iluminación de lámpara fluorescente del Complejo en el año 2017 fue aproximadamente el descrito en la tabla 2, donde se



observa, que para una lámpara se necesitan dos tubos fluorescentes que tienen una potencia de 64W/h, por tanto al calcular el consumo para las 400 de todo el Complejo se puede establecer un

3. Al realizar el análisis de cambio para una lámpara con iluminación led el consumo proyectado por lámpara led es de 32 Vatios = 32 Voltio-Amperios (sin potencia reactiva), por tanto, la proyección del consumo se reduce a la mitad de lo que consume actualmente bajando a 32W/h, (Tabla 3), es de aclarar que éste cambio se realiza sin producir potencia reactiva ya que no se utilizaría balasta para la lámpara, teniendo un costo de \$2.346.240,00 costo general de \$4.692.480,00.

Tabla 4. Cálculo de costos, cantidades y consumo de lámparas con la energía solar y la implementación de la iluminación led.

Cantidad Lámparas	400
Número de Tubos Led	800
Potencia en W Por Lámpara	32
Potencia Total en W	12.800
Kw/H Consumido	166,4
Costo Kw/H	470,00
Valor Energía Mensual	2.346.240,00

Por tanto los resultados que se muestran en las tablas anteriores nos indican que el ahorro de energía para el cambio de lámpara fluorescente a Tubos led es del 50%, es decir se logra un ahorro energético bajando a un gasto de 166,4kw/h que representa en costos \$ 2.346.240,00 pesos.

Tabla 5. Cotización general de equipos y materiales para la conversión a energía solar.

Elemento	Cantidad	Costo \$	IVA %	Valor IVA \$	Valor/unidad \$	Valor/total \$
Panel 300w	82	900000	19%	171000	1071000	87822000
Conector macho	90	40000	19%	7600	47600	4284000
Conector hembra	90	40000	19%	7600	47600	4284000
Cable solar 3x12	300	7000	19%	1330	8330	2499000
CONTR/100 AMP	1	3000000	19%	570000	3570000	3570000
CONTR/90 AMP	4	3000000	19%	570000	3570000	14280000
CONTR/50 AMP	6	900000	19%	171000	1071000	6426000
CONTR/75 AMP	3	900000	19%	171000	1071000	3213000
CONTR/25 AMP	2	700000	19%	133000	833000	1666000
CONTR/150 AMP	1	2000000	19%	380000	2380000	2380000
CONTR/35 AMP	1	750000	19%	142500	892500	892500

Para verificar la efectividad del cambio energético y abaratando costos para el cambio, se realizó la intervención de dos lámparas en el aula-taller de electricidad por parte de aprendices del semillero SER, determinando que al cambiar el tubo existente de la lámpara fluorescente por un tubo led y adaptar el soket nuevo se puede reutilizar el portalámparas existente, lo que permitió disminuir costos en el proceso de cálculos de la conversión energética; ya que un portalámparas convencional cuesta alrededor de 70 mil pesos, teniendo en cuenta que son 400 lámparas en todo el Complejo el proceso de conversión estaría ahorrando aproximadamente 28 millones de pesos, siendo ésta la razón por la cual no se utiliza potencia reactiva en la reestructuración con lámparas led.

Una vez se realizaron éstos análisis de consumo energético y experimentos de cambio a tubos led, se realizó un supuesto de análisis de costos con precios año 2017, para conocer cuál sería el costo total en los cambios energéticos de los diferentes ambientes de aprendizaje, como lo son la red administrativa, área de sistemas, área de sanidad animal, biblioteca, aula 25, aula 26, baños, armario, centro de cableado, unidad de emprendimiento, registro, auditorio, sala instructores, laboratorio agrobiotecnología, gimnasio, aulas 2° piso (5 aulas), gimnasio, área de bilingüismo, metalmecánica, aula taller de electricidad, una vez se realizó el seguimiento y la demanda energética de cada una de las áreas, se logró definir una cotización de materiales necesarios para la conversión energética (Tabla 5).



INVERS/3000	2	1541000	19%	292790	1833790	3667580
INVERS/2500	6	3200000	19%	608000	3808000	22848000
INVERS/500	7	500000	19%	95000	595000	4165000
INVERS/1000	2	650000	19%	123500	773500	1547000
INVERS/1500	1	2800000	19%	532000	3332000	3332000
INVERS/4000	1	9000000	19%	1710000	10710000	10710000
MICR/INVER /500	2	2100840	19%	399159,6	2500000	4999999
MICR/INVER /1000	2	2976190	19%	565476,1	3541666	7083332
ESTRUCT. DE PANELES	82	200000	19%	38000	238000	19516000
AIU ⁽¹⁾						31377812
Total						240563223

Dónde: ⁽¹⁾ Administración, imprevistos y utilidades

La figura 2 arroja unos resultados producto de la combinación de entre los años que tomamos como base de estudio y los consumos anuales de los mismos, teniendo así evidentemente un consumo creciente entre un año y otro. Como podemos apreciar en la figura 2, la distribución de los datos se inclina al primer cuartil para los años del 2011 al 2013, en el 2014 y 2015 la distribución de los consumo estuvo muy cercano a al segundo cuartil, en el 2016 los consumos estuvieron cercanos al tercer cuartil y en el 2017 se encontraron en el tercer cuartil. Todos los años menos el 2011 presentaron consumos atípicos a la mediana de los datos.

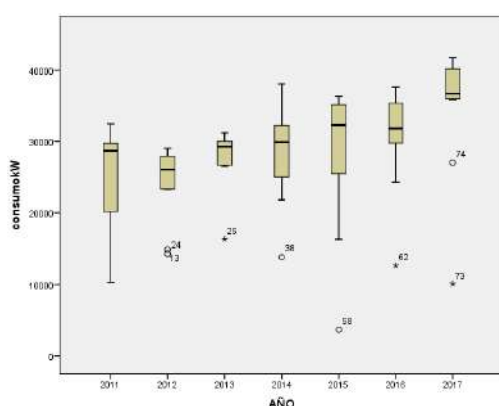


Figura 2. Relación entre el consumo de energía respecto al período de estudio.

Sun Colombia afirmó en (2017) que la inversión se hace una sola vez. Los paneles solares captan la radiación solar y la convierten en electricidad que se puede utilizar todo el día, hasta que se oculta el sol. Si el sistema solar fotovoltaico cuenta con una batería para acumular energía, está también se podrá aprovechar en horas en la noche. Los paneles solares usan energía de

una fuente inagotable. De esta manera, es posible abastecerse de energía a un bajo costo. En Colombia la mayoría de personas suelen ahorrar energía con la técnica de “Apagar” y de esta manera consigue bajar las cuentas en sus facturas. Actualmente, hay otras opciones que dan solución al consumo energético, existen fuentes no convencionales de energía de carácter renovable que generan sostenimiento ambiental, eléctrico y económico. En zonas tropicales el uso de paneles solares aportaría un excelente servicio de electricidad, dado que, las personas ya no tendrían que preocuparse porque la lluvia altere y afecte su funcionamiento generando cortes intermitentes en el servicio. Ciudades como Santa Marta, Barranquilla y Cartagena tienen altas temperaturas por ser un clima Tropical-cálido, esto produce en ocasiones sobrecargas en las redes eléctricas. Un sistema de paneles solares aportaría el mejoramiento del servicio energético ya la reducción de la huella de carbono en el país, puesto que en algunas casas de las ciudades anteriormente mencionadas, utilizan aire acondicionado, al igual que en los sitios recurrentes como: restaurantes, universidades, oficinas, centros comerciales, hospitales, entre otros. La solución al consumo energético y a los altos costo de electricidad, está en la nueva era de las energías renovables, otorga rentabilidad económica en la factura y adicionalmente existe la Ley 1715 que otorga incentivos tributarios por realizar proyectos con energías renovables en Colombia. Adicionalmente, tenga en cuenta que las empresas de tecnología seguirán creando nuevos aparatos que necesiten del consumo eléctrico y necesitará para ello, un sistema que le brinde la seguridad y la sostenibilidad en los gastos.

4. Estrategia de conversión: Debido a que los costos iniciales de inversión son muy elevados para el Complejo y teniendo en cuenta los costos y requerimientos de uso y necesidad de las diferentes áreas, se sugiere según la tabla 6, 19 áreas del complejo donde se debe intervenir para realizar la conversión por etapas: debería comenzar por la sala de instructores, el auditorio y la biblioteca, teniendo en cuenta que son zonas muy concurridas por parte de instructores y aprendices y que requieren del uso de iluminación durante las tres jornadas de estudio: mañana, tarde y noche. Luego pasaría a las áreas de aulas de aprendizaje, seguido por laboratorios, Armario, Unidad de Emprendimiento, Registro y finalmente el gimnasio.

Tabla 6. Cotización por etapas en los ambientes de aprendizaje.

Ambientes de aprendizaje	Costos
Aula de Electricidad	17.382.330,00
Aula de Sistemas	17.382.330,00
Biblioteca	6.132.070,00
Aula 26	2.604.190,00
Baños	2.604.190,00
Armario	4.133.380,00
Unidad de Emprendimiento	4.211.380,00
Registro	4.211.380,00
Auditorio	28.574.280,00
Laboratorio de Agrobiotecnología	5.640.570,00
Gimnasio	10.480.330,00
Aulas en el 2º Piso del Gym	17.383.107,00
Metalmecánica	17.382.330,00
Red Administrativa	18.811.520,00
Sanidad Animal	4.133.380,00
Aula 25	4.133.380,00
Centro Cableado	2.704.190,00
Sala Instructores	9.051.140,00
Bilingüismo	15.953.140,00

Conclusiones y recomendaciones

Como podemos apreciar en las tablas anteriores los consumos energéticos del Complejo han ido

elevándose gradualmente en los últimos 7 años, generando así gastos considerablemente altos. Y esa es la razón por la cual iniciamos este proyecto, implementar la iluminación led y la energía solar fotovoltaica para reducir este elevado consumo y la preservación del medio ambiente.

La preservación del medio ambiente ha sido un tema muy trascendental al momento de realizar este proyecto, ya que todo lo realizado por el hombre tiene un impacto ya sea positivo o negativo, hemos querido aportarle algo sumamente positivo.

Para la realización de la conversión a iluminación solar y tubos led, sólo hace falta voluntad institucional y gestión de recursos para poder materializar la planeación propuesta de éste estudio.

El clima del municipio de Apartadó es tropical, con una temperatura anual promedio de 24 y 32 °C. (Alcaldía de Apartadó, 2016), el cual es ideal para realizar un montaje de sistema solar.

En la subregión de Urabá existe poca implementación de energía solar tanto en zonas urbanas como rurales, al realizar la conversión en el Complejo Tecnológico Agroindustrial, Pecuario y Turístico del municipio de Apartadó, la institución estaría siendo pionera, innovadora y ejemplo tanto para instituciones educativas como para la ciudadanía en general

Bibliografía

Cabezas Fasanando, K. N. (2013). Reducción del costo en el consumo de energía eléctrica utilizando tecnología LED en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de Sistemas e Informática de la UNSM. Recuperado de: <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/UNSM/1872/ITEM%4011458-610.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Briñón Zapata, M. E. (2015). Diseño de iluminación Led de Alta eficiencia en el proyecto Micro-Red de la Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de: <https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/2418/Reporte.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Fueres, F. (2016). Factibilidad del sistema de alumbrado público empleando luminarias LED y alimentación solar fotovoltaica (Bachelor's thesis).



- Recuperado de
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/12213>
- Hernández, N. E., Ramírez, A.X. (2015). Estudio sobre la sustitución por energías renovables (Solar Fotovoltaica) en las instituciones educativas de básica primaria y secundaria en Colombia: análisis y posibilidades. (Trabajo de grado presentado para obtener el Título de economista). Universidad Santo Tomás. Bucaramanga. Recuperado de: https://www.researchgate.net/publication/305959084_Estudio_Sobre_la_Sustitucion_por_Energias_Renovables_Solar_Fotovoltaica_en_las_Instituciones_Educativas_de_Basica Primaria_y_Secundaria_en_Colombia_Analisis_y_Posibilidades
- Ministerio de Minas y Energía. (2013). Proyección de Demanda de Energía Eléctrica en Colombia. Revisión Marzo de 2013. Recuperado de: http://www1.upme.gov.co/InformacionCifras/Documents/proyeccion_demanda_ee_Abr_2013.pdf
- Pinzón, C., Jaime, D., Corredor, R., Santamaría, P., Hernández, M., Johann, A., ... & Cesar, L. (2014). Implementación de indicadores energéticos en centros educativos. Caso de estudio: Edificio Alejandro Suárez Copete-Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Revista EAN, (77), 186-200. recuperado de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602014000200010
- Rodríguez Murcia, H. (2008). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. Revista de ingeniería, (28). Recuperado de <http://www.redalyc.org/html/1210/121015051011/>
- Solar, E. (2007). Energía solar fotovoltaica. Página consultada en la web el, 26. Recuperado de <https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/cuadernos-energias-renovables-para-todos-solar-fotovoltaica.pdf>
- Formación, E. (2007). Energía solar fotovoltaica. FC Editorial. Recuperado de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=GZh1DGUQoOUC&oi=fnd&pg=PA13&dq=ventajas+de+la+energ%C3%ADa+solar&ots=m6nqE_G_Qh&sig=GKLnUKP9wstE_tB0PujNv3Pwq1o#v=onepage&q=ventajas%20de%20la%20energ%C3%ADa%20solar&f=false
- Gestor de contenidos Blog suncolombia (2017 junio 05) paneles solares Colombia ¿energía a bajo costo? Recuperado de <http://www.suncolombia.com/paneles-solares-energia-bajo-costo/>