



La eficiencia energética implementada en la Corporación Universitaria Reformada como alternativa tecnológica para disminuir la huella ecológica producida al interior del campus universitario.

Autor:

Juan Camilo Santiago Tovar

**Trabajo de grado para la obtención del título de:
Tecnólogo en Desarrollo Ambiental y Sostenible**

Directores:

Steffany Sanjuan Murillo

Pedro Pacheco Torres

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Ambiental

Barranquilla

2021



La eficiencia energética implementada en la Corporación Universitaria Reformada como alternativa tecnológica para disminuir la huella ecológica producida al interior del campus universitario.

Juan Camilo Santiago Tovar

Directores:

Steffany Sanjuan Murillo

Pedro Pacheco Torres

Facultad de Ingeniería

Programa de Ingeniería Ambiental

Barranquilla

2021

Índice

Resumen	1
Abstract	1
1. Introducción	2
2. Planteamiento del Problema	3
3. Objetivos	4
3.1 Objetivo General	4
3.2 Objetivos Específicos	5
4. Justificación	5
5. Marco Conceptual	6
6. Marco de Antecedentes	8
7. Marco Teórico	10
7.1 Energía y medio ambiente	11
7.2 Energía Solar	13
7.3 Horas pico sol	14
7.4 Paneles Solares	16
7.5 Huella de carbono como medida de contaminación	17
8. Marco legal	18
9. Metodología	21
9.1 Fase 1: Diagnóstico	22

9.2 Fase 2: Cuantificación y comparación de consumo de los tipos de energía.	23
9.3 Fase 3: Cuantificación de las emisiones producto del consumo energético (Huella de carbono).....	23
9.4 Fase 4: Estrategias de reducción huella de carbono.....	24
10. Resultados.....	25
11. Discusión.....	28
12. Conclusiones y Recomendaciones.....	31
13. Referencias.....	33

Listado de tablas

Tabla 1 Diferencias entre los paneles solares según la tecnología de fabricación. (Díaz & Carmona, 2010).....	17
Tabla 2 Clasificación de las actividades con su factor de emisión, adaptado de (GreenHouse Gas Protocol, 2015)	24

Lista de figuras

Figura 1 Curva de irradiación solar durante el día. (Esmeral & Contreras, 2019)	15
Figura 2 mapa de irradiación global horizontal medio diario anual (IDEAM, 2014).....	16
Figura 3 Metodología para la evaluación de alternativas que permitan reducir las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y con ellas la huella de carbono, (Elaboración propia, 2021)	22
Figura 4 Paneles solares instalados en la infraestructura de la Corporación Universitaria Reformada ((Pinto, 2020)	25
Figura 5 planta generadora instalada con tecnología fotovoltaica (Pinto, 2020)	25
Figura 6 Comportamiento mensual de la huella de carbono de los distintos tipos de energía consumidos en el campus universitario, Fuente: Elaboración Propia.....	27
Figura 7 Comportamiento mensual de la huella de carbono, con aumento de las horas pico sol, de los distintos tipos de energía consumidos en el campus universitario, Fuente: Elaboración Propia.....	29
Figura 8 Etapas de la planificación de la luminaria, adaptado de (OptimaGrid, 2020)	30

La eficiencia energética implementada en la Corporación Universitaria Reformada como alternativa tecnológica para disminuir la huella ecológica producida al interior del campus universitario.

Resumen

La eficiencia energética es la relación existente entre la energía necesaria para desarrollar una serie de actividades específicas y la cantidad de energía primaria usada en el proceso en cuestión (Kreith et al, 2007), y se relaciona de forma directa con el consumo energético y la generación de gases efecto invernadero subsecuente del consumo de energía (Sánchez et al, 2014). Es importante reconocer las fuentes de energía que abastecen un recinto y la naturaleza de su procedencia para poder plantear estrategias que permitan la reducción del consumo energético y con ello se disminuya el impacto ambiental generado. La Corporación Universitaria Reformada cuenta con un sistema de paneles solares que le permite tener una eficiencia cercana al 20% y ha reducido en un 16.37% su huella de carbono. Es necesario seguir buscando estrategias tecnológicas que nos permitan encaminarnos en la construcción de edificaciones sostenibles que sean amigables con el medio ambiente.

Abstract

Energy efficiency is the relationship between the energy needed to develop a range of specific activities and the amount of primary energy used in the process in question (Kreith et al, 2007), and is directly related to energy consumption and subsequent greenhouse gas generation from energy consumption (Sánchez et al, 2014). It is important to recognize the energy sources that supply an enclosure and the nature of their origin to be able to propose strategies that allow the reduction of energy consumption and thereby reduce the environmental impact generated.

The Corporación Universitaria Reformada has a system of solar panels that allows it to have an efficiency close to 20% and has reduced by 16.37% its carbon footprint. It is necessary to continue looking for technological strategies that allow us to lead in the construction of sustainable buildings that are friendly to the environment.

1. Introducción

Es importante reconocer el carácter fundamental de la energía dentro de los procesos normales realizados dentro de un campus universitario. Es necesario entender que, dentro de las fuentes de energía existentes, las renovables son aquellas inagotables a escala humana (Merino, 2019) y son la base del cambio de conciencia hacia un futuro realmente sostenible.

La eficiencia energética, tema que ha tomado auge recientemente, apunta principalmente a la solución de dos problemáticas críticas que afectan a diversos sectores, desde el industrial hasta el doméstico, el consumo energético y la generación de gases efecto invernadero subsecuente del consumo de energía (Sánchez et al, 2014). Propiamente se define como la relación entre la energía necesaria para desarrollar una serie de actividades específicas y la cantidad de energía primaria usada en ese proceso (Kreith et al, 2007). La eficiencia energética se considera una pieza fundamental para alcanzar la gran realidad de la energía sustentable, puesto que abre las puertas a la disminución del consumo energético, de la emisión de gases de efecto invernadero y genera oportunidades de inversión científica y tecnológica especializada (Camargo et al., 2013).

Una de las ventajas de una alta eficiencia energética es la disminución en la emisión de los gases de efecto invernadero (Sánchez et al, 2014), estos gases son componentes de la atmósfera que pueden ser emitidos tanto natural como antropogénicamente (Naciones Unidas,

1992). Las composiciones de estos gases, han cambiado constantemente, según los avances y el desarrollo industrial de las comunidades, permitiendo la interacción de químico a nivel atmosférico, lo que ha generado fenómenos como lluvias ácidas y contaminación transfronteriza (Benavides, 2007). Es responsabilidad de los humanos adoptar conductas que disminuyan el número de emisiones y mitiguen los efectos adversos que hemos, como población, ocasionado al medio ambiente.

Para realizar el cálculo de la huella de carbono, existen diferentes metodologías teniendo en cuenta el enfoque del análisis de impacto ambiental y la naturaleza de los gases efecto invernadero que se van a analizar; dentro de las más utilizadas encontramos: la metodología de la ISO 14064-1 y el GreenHouse Gas Protocol, las cuales solo incluye los GEI del protocolo de Kioto, mientras que el Bilan Carbone, PAS 2050 y 2060 incluyen todos los GEI existentes (Ihobe, 2013).

En Colombia encontramos diferentes autores que han desarrollado el cálculo de la huella de carbono a lo largo del tiempo en campus universitarios, una de ellas la Universidad Sergio Arboleda quien contrató a la Fundación Natura para estimar la huella de carbono y posteriormente realiza convenio con la empresa CO2Cero plantear estrategias de mitigación en cuanto a generación de gases de efecto invernadero (Universidad Sergio Arboleda, 2009).

2. Planteamiento del Problema

Reconocer el concepto de eficiencia energética nos permite identificar la naturaleza de la energía que se utiliza dentro del campus universitario y la relación de esta con la contaminación que genera su consumo, en este caso se relaciona con la huella de carbono generada al consumir cada uno de los tipos de energía (convencional o renovable), siendo el punto de partida para

formular estrategias y soluciones tecnológicas que permitan el manejo de la huella de carbono resultante del consumo de la misma, procurando disminuir la cantidad de gases de efecto invernadero liberados a la atmosfera y controlar el consumo energético.

La Corporación Universitaria Reformada actualmente cuenta con una instalación de celdas fotovoltaicas que permite un ahorro energético aproximado al 20% (Pinto, 2020), de esta manera se tienen las primeras nociones del concepto de eficiencia energética dentro del recinto universitario, pero se hace necesario conocer de forma concreta la incidencia de este ahorro sobre medidas de contaminación como la huella de carbono y que acciones se pueden llevar a cabo para reforzar las estrategias actuales que apuntan hacia la sostenibilidad, dando respuesta a los siguientes interrogantes:

¿Cómo se encuentra distribuido el consumo energético actualmente en la Corporación Universitaria Reformada y de qué manera afecta el concepto de eficiencia energética?

¿De qué manera se puede hacer el manejo de dicha eficiencia energética con el fin de incidir positivamente en la huella de carbono resultante del consumo energético dentro del claustro universitario?

3. Objetivos

3.1 Objetivo General

Evaluar la eficiencia energética implementada en la Corporación Universitaria Reformada como alternativa tecnológica para disminuir la huella ecológica producida al interior del campus universitario.

3.2 Objetivos Específicos

1. Comparar el consumo de la de energía convencional y la energía renovables dentro del campus universitario para plantear una aproximación de la eficiencia energética del mismo.

2. Calcular la huella de carbono a partir de las emisiones de gases de efecto invernadero producto del consumo energético en la Corporación Universitaria Reformada.

3. Proponer alternativas tecnológicas y soluciones que permitan el manejo de la huella de carbono resultante del consumo de energía fortaleciendo las estrategias actuales que apuntan a la eficiencia energética.

4. Justificación

En la actualidad, la situación ambiental ha permitido que el desarrollo investigativo se enfoque en el la búsqueda de nuevas tecnologías y estrategias que permitan optimizar procesos de manera eficiente para disminuir el consumo indiscriminado de recursos y encaminarnos al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que procuran respetar el derecho de las futuras generaciones a gozar de las mismas condiciones, factores y recursos que poseemos en la actualidad (Venegas et al., 2015).

Evaluando al medio ambiente a nivel ecológico, social y económico, uno de los problemas destacables para este es el calentamiento global, producido por los gases efecto invernadero, que pueden ser traducidos a toneladas de dióxido de carbono y estimar la huella de carbono. El concepto huella de carbono se ha extendido de manera acelerada, y cada vez más las empresas y organizaciones lo asocian con la prestación de sus servicios y/o productos. A nivel universitario, muchas instituciones a nivel mundial están encaminando sus esfuerzos en adoptar iniciativas con el objetivo de reducir las emisiones, entre ellas: reducción de los consumos

energéticos, inversión en energías renovables o el uso de métodos de transporte alternativos (Mondéjar et al., 2011)

Para la Corporación Universitaria Reformada, institución que educa para la vida y la paz, y que dentro de sus programas formativos ofrece Ingeniería Ambiental; es de suma importancia adoptar modelos que permitan fomentar dentro de su comunidad conductas de preservación y respeto por el medio ambiente. También, es necesario mostrar a la sociedad barranquillera que la formación integral que se le da a nuestros ingenieros ambientales y en general a todos los estudiantes, comienza desde su estancia en el claustro universitario y que en él se actualizan los procesos para ir encaminados y contextualizados con las necesidades medioambientales del siglo XXI, una de ellas, detener el calentamiento global estudiando la eficiencia energética de su recinto académico para manejar la huella de carbono, y consigo obteniendo una reducción económica en gastos al adoptar políticas sostenibles, verdes y amigables con el medio

5. Marco Conceptual

La eficiencia energética se define como la relación existente entre la energía necesaria para desarrollar una serie de actividades específicas y la cantidad de energía primaria usada en el proceso en cuestión (Kreith et al, 2007), y se relaciona directamente con la solución de dos problemáticas críticas que afectan a diversos sectores, desde el industrial hasta el doméstico, el consumo energético y la generación de gases efecto invernadero subsecuente del consumo de energía (Sánchez et al, 2014).

Parte de la contaminación producida por el consumo energético puede ser cuantificada con la huella de carbono, una representación de la cantidad de gases efecto invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera derivados de las actividades de producción o consumo de bienes y

servicios (Pandey et al., 2010) y es la herramienta más frecuente para cuantificar las emisiones de este tipo de gases, que son compuestos químicos en estado gaseoso como el vapor de agua, el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) que se acumulan en la atmósfera de la Tierra y que son capaces de absorber la radiación infrarroja del Sol, aumentando y reteniendo el calor en la atmósfera (Ministerio del Medio Ambiente, 2018)

La liberación de este tipo de gases a la atmósfera, trae consigo, una serie de perjuicios para el medio ambiente, conocidos como impacto ambiental y es efecto que producida por la acción humana y sus derivados sobre el medio ambiente en sus distintos aspectos. Este concepto también puede incluir de forma poco frecuente a los efectos de un fenómeno natural catastrófico. Técnicamente, es la alteración de la línea de base (medio ambiente), debido a la acción antrópica o a eventos naturales (Sinclair et al, 2008).

Dentro de las consecuencias de las emisiones de estos gases, encontramos principalmente el efecto invernadero que es el calentamiento producido cuando un grupo de gases ubicados en la atmósfera de la tierra absorben y almacenan el calor. Estos gases permiten el paso de la luz, pero mantienen el calor (Redacción National Geographic, 2010). Este almacenamiento antinatural de calor extra permite otro fenómeno conocido como el calentamiento global, que consiste en el aumento de la temperatura de la tierra, junto con los océanos y la atmósfera. (Redacción National Geographic, 2010).

Por todo lo anterior es necesario desarrollar trabajos investigativos que permitan consolidar una mitigación ambiental, es decir, desarrollar un conjunto de estrategias, políticas y acciones orientadas a limitar o reducir las emisiones de gases efecto invernadero y mejorar los sumideros de Carbono de acuerdo a lo pactado en la Convención Marco de Naciones Unidas (Rodríguez, 1994).

6. Marco de Antecedentes

La demanda energética en Colombia y en el mundo cada vez es mayor, pues existe un gran crecimiento poblacional e industrial, necesitando consumo energético y trayendo consigo problemas económicos, sociales y ambientales. Una posible solución para suplir esta demanda y disminuir los problemas causados por la generación eléctrica actual es la energía solar fotovoltaica, dado que Colombia cuenta con un buen nivel de potencial de radiación solar en todo su territorio, pudiendo sacar provecho de esta fuente energética con diferentes tecnologías (Gómez et al., 2017).

Esmeral & Contreras (2019), estudiantes de la Universidad del Norte, en Barranquilla – Colombia, desarrollaron el diseño de una instalación de energía solar para el análisis de la aceptación de su uso en la zona bambú I, realizando la verificación de la oferta de radiación solar y del potencial de generación de energía solar en la zona de estudio, estructurando una instalación eléctrica para el Bambú que utilice la energía solar como fuente primaria, consolidando con información secundaria los datos técnicos, costos de la instalación, puesta en operación y mantenimiento de un sistema de generación fotovoltaico en la zona de estudio y por ultimo elaborando y aplicando encuestas a los usuarios del Bambú, dando como resultado, que la cantidad de radiación existente en la ciudad de Barranquilla, permite el éxito en la implementación de instalaciones eléctricas con energía solar, siendo viable en el lugar específico que es la Universidad del Norte en la Zona del Bambú la implementación del diseño, trayendo consigo ciertos méritos al utilizar estas fuentes alternativas como método de generación de energía eléctrica e incentivando a los usuarios de este espacio a incrementar el interés y la utilización de la energía solar, siendo un ejemplo para el cuidado del medio ambiente y el ahorro de la energía eléctrica distribuida por la red eléctrica.

Por otro lado, Vergara et al., (2014) por medio de su artículo científico presenta un estudio estadístico del potencial solar y eólico en el campus central de la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la ciudad de Bucaramanga, con el fin de obtener parámetros característicos que permitan evaluar el recurso energético en la zona. Para ello, se consideraron mediciones horarias de variables como radiación solar, temperatura ambiente, velocidad y dirección del viento para los años 2010, 2011 y 2012, en cuatro puntos estratégicos de la ciudad. Finalmente, se concluye que, con base en el estudio de los registros meteorológicos de la ciudad de Bucaramanga, es posible concluir que el recurso eólico disponible es escaso con una velocidad promedio de 1,5 m/s (a 50 m de altura) y por tanto no tiene el potencial energético adecuado para el desarrollo de la generación a gran o pequeña escala, principalmente porque la mayoría de los aerogeneradores comerciales se caracterizan por una velocidad de arranque mayor a 2 m/s. Con respecto al recurso solar, fue posible concluir que la ciudad de Bucaramanga cuenta con un recurso que supera el criterio para ser considerado adecuado para el desarrollo de proyectos de generación fotovoltaica. Además, este recurso presenta un comportamiento cuasi estable durante el año, lo que mejora el perfil y la eficiencia global de este tipo de sistemas de generación.

En este orden de ideas también podemos traer a colación el proyecto realizado por Ospino (2010), donde se toma como muestra para el estudio del potencial energético el departamento del Atlántico basado en los mapas de radiación solar de Colombia diseñados por el IDEAM, ya que los mismos permiten obtener parámetros de construcción, y viabilidad técnica. Como resultado de este proyecto se obtiene una metodología que permite establecer los parámetros a tener en cuenta para el desarrollo de los sistemas renovables fotovoltaicos y se realiza a futuro el estudio de viabilidad técnico-económico de implementación de estos sistemas seleccionando el área

adecuada obteniendo la tecnología adecuada a las condiciones de la región, resaltando que Colombia tiene un buen potencial energético solar en todo el territorio, con un promedio diario multianual cercano a 4,5 KWh/m², el cual proyecta a la región en una posición estratégica para la explotación de la energía solar.

Finalmente podemos citar el proyecto realizado por Méndez & Rivera (2015), donde se evalúa el potencial de desarrollo del uso de la energía solar en la Universidad Icesi, ubicada en la ciudad de Cali - Colombia, específicamente la implementación de un sistema fotovoltaico aislado que supla una demanda energética de la comunidad universitaria, con el fin de relacionarla con el uso de energías alternativas como la solar. Inicialmente, se realizó una revisión teórica de proyectos similares llevados a cabo en otras instituciones educativas tanto a nivel nacional como internacional, y el marco teórico necesario para dimensionar un sistema fotovoltaico. Luego, se procedió a realizar el trabajo de campo, con el cual se concluyó que la zona más apropiada para realizar la instalación del sistema fotovoltaico es la Cubierta del puente entre edificios B y C, la cual representa una demanda energética de 1.579Wh diarios. En esta zona la radiación solar es de 3,9kWh/m², y realizando el respectivo estudio de sombras se determinó que el sistema debe ubicarse a 3,14m del edificio C, que los paneles deben tener una inclinación de 2°, y deben ubicarse a 3,2m entre sí. El estudio incluyó la selección del proveedor más apropiado, determinación del monto a invertir y posibles métodos de búsqueda de financiación. Finalmente se realizó el estudio del impacto académico, económico y ambiental.

7. Marco Teórico

Es importante iniciar resaltando conceptos básicos como energía, para la física, la energía es la capacidad potencial que tienen los cuerpos para producir trabajo o calor, y se manifiesta mediante un cambio, es energía el esfuerzo que hace una persona cuando pedalea sobre una

bicicleta, también lo es el movimiento continuo del agua de un río, o el calor que desprende el carbón cuando se quema (Dolezal et al., 2013). Desde siempre, el hombre ha utilizado las fuentes de energía a su alcance para hacer un trabajo o para obtener calor, históricamente primero utilizó su propia fuerza física o la de los animales domésticos, luego la energía del viento y del agua, más tarde llegaría la explotación de los combustibles fósiles –carbón, gas natural y petróleo– y de la energía nuclear, en el futuro es probable que puedan aparecer nuevas fuentes pero, sea como fuere, la disponibilidad de energía ha sido siempre esencial para la humanidad. Por otro lado, según Merino (2019), entre las distintas fuentes de energía, las renovables son aquellas que se producen de forma continua y son inagotables a escala humana, cabe resaltar que el sol está en el origen de todas las energías renovables ya que su calor provoca en la tierra las diferencias de presión que dan origen a los vientos, fuente de la energía eólica, ordena el ciclo del agua, causando la evaporación que predispone la formación de nubes y, por tanto, las lluvias, procede a la energía hidráulica, es usado por las plantas para realizar la fotosíntesis, vivir y crecer convirtiéndose en biomasa, además de aprovecharse directamente en las energías solares, tanto la térmica como la fotovoltaica.

7.1 Energía y medio ambiente

Ahora, si nos situamos en la producción de energía y la relación con el medio ambiente resulta que la generación, el transporte y el consumo de las energías convencionales tienen, como toda actividad antrópica, un impacto sobre el medio, y puede argumentarse que están en el origen de algunos de los mayores problemas ambientales que sufre el planeta, como el cambio climático y la lluvia ácida (Probst, 2001). En este orden de ideas el consumo de energía, incluyendo el transporte, es en la actualidad la principal fuente de emisiones de gases de efecto invernadero, que tienen como algunas consecuencias la inundación de ciudades costeras, la desertificación de

zonas fértiles, el deshielo de masas glaciares y la proliferación de huracanes devastadores, además de la producción masiva de contaminantes acidificante o lluvia acida, consecuencia de la contaminación atmosférica, donde los gases procedentes de la quema de combustibles reaccionan con el oxígeno del aire y el vapor de agua, transformándose en ácidos que se depositan sobre la superficie terrestre a través de las precipitaciones, acidificando el suelo y las aguas superficiales teniendo efectos devastadores sobre los ecosistemas y suponiendo un grave peligro para los seres vivos (Iberdrola, 2011).

Según la Agencia Europea de Medio Ambiente AEMA (2010), la emisión de estos últimos contaminantes se ha reducido de un modo significativo gracias a la adopción de combustibles más limpios y al tratamiento de los gases de combustión. Sin embargo, mientras el desarrollo económico de los países y su correlación directa con el crecimiento de la demanda de energía eléctrica se siga produciendo, la generación típica de la asociación del incremento en la afectación del medio ambiente mediante la creciente emisión de Gases de Efecto Invernadero se seguirá produciendo, desarrollando un ciclo donde, si no se toman acciones estratégicas, se seguirá mostrando el impacto devastador de la variabilidad climática (Camargo et al., 2013). Sin duda, el cambio climático es el mayor desafío ambiental al que se enfrentará la humanidad en las próximas décadas, en los últimos 100 años la temperatura media mundial aumentó $0,6^{\circ}\text{C}$ y los científicos han certificado que la década de los noventa fue la más calurosa de los últimos 150 años, por lo tanto las previsiones hablan de un aumento de la temperatura media que puede ir de $1,4$ a $5,8^{\circ}\text{C}$ entre 1990 y 2100, lo que trastocaría los ciclos del agua y provocaría un aumento del nivel del mar, por el deshielo que sufrirían, en parte, los casquetes polares, entre muchas otras consecuencias devastadoras (Merino, 2019).

Por esta razón, para tratar de evitar o mitigar estas consecuencias, el Protocolo de Kioto, que entró en vigor en febrero de 2005, establece, por primera vez, objetivos de reducción de emisiones netas de gases de efecto invernadero para los principales países desarrollados y economías en transición, con un calendario de cumplimiento, con un sentido principal de la “responsabilidad común pero diferenciada”, moviendo a los gobiernos a establecer leyes y políticas para cumplir sus compromisos y a las empresas a tener el medio ambiente en cuenta a la hora de tomar decisiones sobre sus inversiones (Min Ambiente, s.f).

Por otro lado, sería ideal que el crecimiento de todos los sistemas de suministro de energía eléctrica, tuvieran dentro de sus variables de entrada el impacto en el medio ambiente y que los proyectos que finalmente se ejecuten sean los que puedan considerarse como fuentes de energía más limpia, en el caso colombiano, gracias a la situación geográfica de Colombia, la desregulación del mercado de energía eléctrica desde el año 1995 y a las políticas de protección al medio ambiente, el país cuenta con un parque de generación de energía eléctrica que es suficientemente diversificado contando con plantas hidráulicas, térmicas a gas, carbón y combustibles líquidos y plantas eólicas que finalmente representan un suministro de energía para el país de manera amigable con el medio ambiente (Camargo, 2013).

7.2 Energía Solar

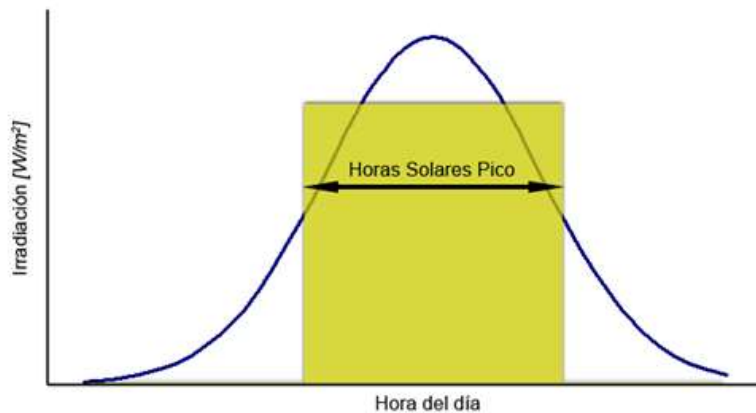
La energía solar —esto es la energía radiante del sol recibida en la tierra— es una fuente de energía que tiene varias importantes ventajas sobre otras y que, para su aprovechamiento, también presenta varias dificultades. Entre sus ventajas se destacan principalmente su naturaleza inagotable, renovable 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. (Rodríguez, 2009). De acuerdo a Gómez et al., (2017) en la actualidad, Colombia busca suplir la demanda de energía eléctrica de manera eficiente en todas las regiones del país ya que se tienen dependencias de fuentes de energía que demandan el uso de recursos naturales, como: petróleo, carbón y agua (hidráulica), las cuales contaminan gravemente al medio ambiente, añadiendo que la energía solar FV es una excelente solución a esta situación, ya que es, de fácil instalación y operación (Zonas aisladas), su fuente de generación es inagotable (Sol), se cuenta con buen recurso solar y es amigable con el medio ambiente. Además, los sistemas fotovoltaicos son de fácil instalación y sus costos tienden a disminuir, es decir: necesitan poco mantenimiento, presentan larga vida útil y el costo de las celdas solares cada vez es menor (Sevilla et al., 2013).

7.3 Horas pico sol

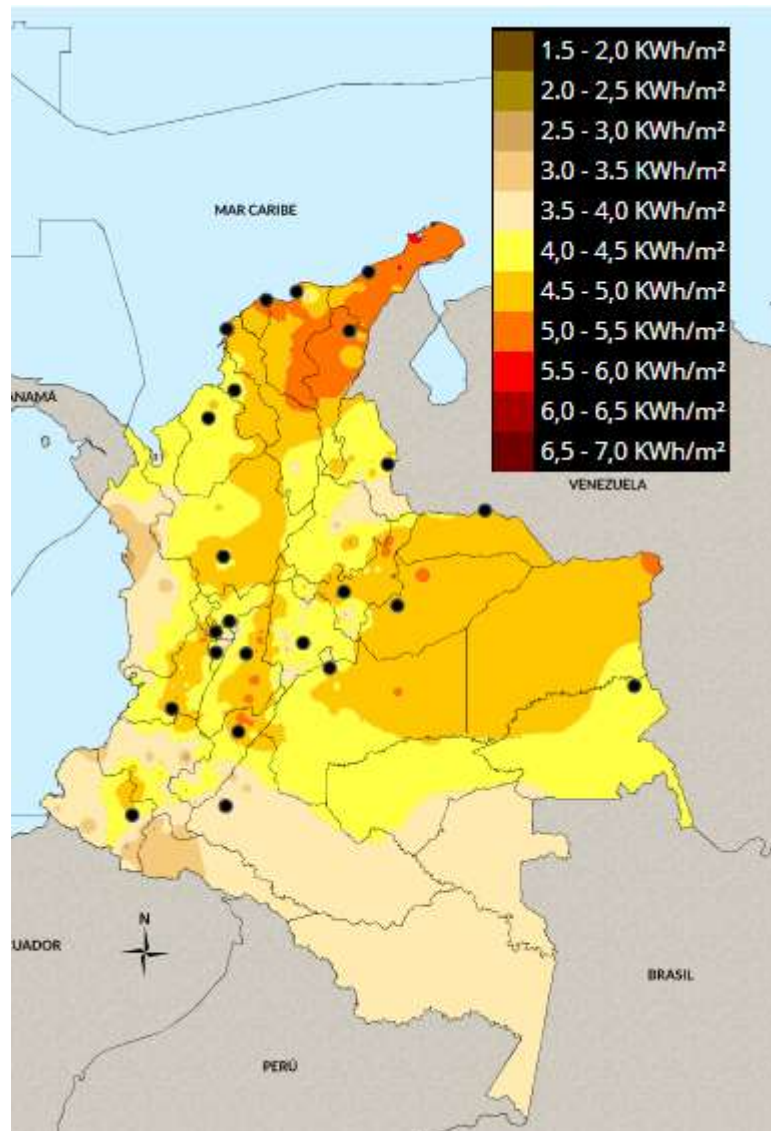
Las horas de sol pico (HSP) son una unidad que se usa para medir la irradiación solar y es equivalente a la energía por unidad de superficie que se recibe hipotéticamente con una irradiación solar constante de 1000 watts por metro cuadrado. En el gráfico mostrado a continuación se observa la distribución de la irradiación a lo largo de un día (Gráfica azul), y se observa como las horas solar pico se pueden interpretar como un área constante que abarcaría la distribución de la irradiación a lo largo del día, es decir, las horas solares pico nos dictan el número de horas al día en las que un panel solar fotovoltaico estaría proporcionando la potencia pico nominal. En conclusión, si se multiplica la potencia pico de una instalación por las HSP se obtendría la energía que proporciona la instalación eléctrica de paneles solares. En ese orden de ideas se puede concluir que una hora sol pico es equivalente a 1 kWh/m². (Esmeral & Contreras, 2019).

Figura 1 Curva de irradiación solar durante el día. (Esmeral & Contreras, 2019)



En este orden de ideas, Colombia cuenta con un potencial positivo de energía solar fotovoltaica frente al resto del mundo; aunque se presentan variaciones, los datos evidencian que en todo el territorio el promedio de irradiación solar es alto, el mayor potencial en Colombia se encuentra en las regiones de la Costa Atlántica y Pacífica, la Orinoquía y la Región Central (Eraso & Erazo, 2015). En particular ciudades como Barranquilla (también Buenaventura, Cali, Cartagena, etc.), son ciudades con un a cantidad considerable de horas pico sol y una intensidad de radiación solar efectiva para actividades de aprovechamiento de energía solar (Correa et al., 2016). Barranquilla cuenta con promedio de 5.5 horas pico sol según el mapa de irradiación global horizontal medio diario anual (IDEAM, 2014). El IDEAM también reporta un promedio mensual de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día), que indica que Barranquilla tiene un valor promedio anual con ayudas tecnológicas de seguidores solares para la estación Base Naval con código, 29045100 y la estación Las Flores con código, 29045120 de 6.6 horas de sol al día.

Figura 2 mapa de irradiación global horizontal medio diario anual (IDEAM, 2014)



7.4 Paneles Solares




Un panel solar o módulo fotovoltaico está formado por un conjunto de células, conectadas eléctricamente, encapsuladas, y montadas sobre una estructura de soporte o marco. Proporciona en su salida de conexión una tensión continua, y se diseña para valores concretos de tensión (6 V, 12 V, 24 V...), que definirán la tensión a la que va a trabajar el sistema

fotovoltaico. Los tipos de paneles solares vienen dados por la tecnología de fabricación de las células, y son fundamentalmente:

- Silicio cristalino (monocristalino y multicristalino).
- Silicio amorfo.

En la siguiente tabla podemos observar las diferencias que existen entre ellas:

Tabla 1 Diferencias entre los paneles solares según la tecnología de fabricación. (Díaz & Carmona, 2010)

Células	Silicio	Rendimiento laboratorio	Rendimiento directo	Características	Fabricación
	Monocristalino	24 %	15 - 18 %	Son típicos los azules homogéneos y la conexión de las células individuales entre sí (Czochralski).	Se obtiene de silicio puro fundido y dopado con boro.
	Policristalino	19 - 20 %	12 - 14 %	La superficie está estructurada en cristales y contiene distintos tonos azules.	Igual que el del monocristalino, pero se disminuye el número de fases de cristalización.
	Amorfo	16 %	< 10 %	Tiene un color homogéneo (marrón), pero no existe conexión visible entre las células.	Tiene la ventaja de depositarse en forma de lámina delgada y sobre un sustrato como vidrio o plástico.

7.5 Huella de carbono como medida de contaminación

El valor de la huella de carbono se puede cuantificar a través de diferentes metodologías, cada una varía en la estimación de diferentes gases de efecto invernadero. Las metodologías más reconocidas son: ISO 14064-1 y el GreenHouse Gas Protocol, las cuales solo incluye los GEI del protocolo de Kioto, mientras que el Bilan Carbone, PAS 2050 y 2060 incluyen todos los GEI existentes (Ihobe, 2013).

GHG Protocol es la metodología más utilizada por las organizaciones a nivel mundial para determinar las emisiones que generan sus procesos. Esta establece una clasificación por alcances para caracterizar los procesos de una organización, teniendo en cuenta la cuota de

participación y el grado de control que la organización tiene sobre estos. Se reconocen tres (3) alcances: Alcance 1: emisiones directas controladas o propias de la empresa, alcance 2: emisiones indirectas asociadas con el consumo de energía eléctrica y el alcance 3: emisiones indirectas asociadas que no son propias ni controladas por la empresa (Carrillo et al, 2020).

Con el cálculo de esta herramienta se puede representar la cantidad de gases de efecto invernadero que estamos liberando a la atmósfera con el consumo de bienes y servicios y las actividades que realizamos con frecuencia. De allí, que esta misma, se convierta en una medida indirecta de contaminación producida al consumir energía (Ranganathan et al., 2001).

8. Marco legal

El Sector Eléctrico Colombiano ha venido generando estrategias para mejorar las condiciones de abastecimiento y disponibilidad de la energía eléctrica de carácter renovable. Por medio de entes reguladores como el Ministerio de Minas y Energía (MME), la Unidad de Planificación Minero Energética (UPME) y la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), los cuales han trabajado en legislaciones y decretos entre estos:

- El Gobierno Nacional creó la Ley 29 de 1990 y el Decreto 393 de 1991, para impulsar la investigación en el URE (Uso Racional de la Energía) a través de Colciencias.

- En 1992, se incluyó un documento llamado “Políticas en fuentes alternativas de energía, presente y futuro”. Encaminado a políticas de orden, en el campo de las fuentes alternativas no convencionales de energía para la población urbana y rural. En el documento se señala las funciones asignadas por el artículo 63 de la Ley 1 de 1984, correspondientes a:

- Promover la aplicación de fuentes alternas de energía mediante la utilización de recursos energéticos localmente disponibles, especialmente en áreas donde los servicios públicos son deficientes.

- Evaluar y supervisar la ejecución de proyectos en zonas aisladas.

- Evaluar el potencial de FNCE.

- Efectuar estudios para el desarrollo de las FNCE con el fin de formular políticas a nivel nacional.

- Mediante la Ley 164 de octubre de 1994 y el artículo 1º de la Ley 7ª de 1994. El Congreso de la República aprobó la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático de 1992. Encaminado a enfrentar los GEI (Gases de efecto Invernadero) y el cambio climático por medio de una política global.

- En 1994 se reestructuró la expedición de las Leyes 142 y 143; en la cuales se establecieron límites en cuanto a actividades de funcionamiento del sector energía eléctrica: generación, transmisión, distribución y comercialización para las SIN y ZNI. Se le asignó a la UPME elaborar el Plan Energético Nacional (PEN) y el Plan de Expansión del sector eléctrico (SIEL, 2017).

- El INEA elaboró el Plan de Desarrollo de Energías Alternativas 1996 – 1998, publicado en febrero de 1995. Este trataba acerca de una recopilación de proyectos (Corpoema consorcio energético y UPME, 2010).

- Se creó el Plan Energético Nacional (PEN) 1997 – 2010 Autosuficiencia Energética Sostenible, el cual es un documento que presenta ideas, perspectivas, retos, requerimientos y

competencias sobre el desarrollo futuro del sector energético colombiano, en este se ratificó la Convención Marco por parte del Congreso, respecto a las emisiones del GEI.

- En diciembre del año 2000, se aprobó la Ley 620, la cual trataba acerca del “Protocolo de Kioto de la Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático”, favoreciendo a Colombia en cuanto a uso del Mecanismo Desarrollo Limpio previsto en dicho Protocolo (Bonell, 2007).

- Colombia se acogió al Protocolo de Kioto, el cual ratificó mediante la Ley 697 del 2000. Encaminado a disminuir los efectos del cambio climático por la contaminación ambiental.

- Mediante la ley 697 de 2001, se fomentó el uso racional y eficiente (URE) de energía en Colombia. El cual adoptó normas y estrategias para garantizar la satisfacción de las necesidades energéticas (eficiencia) (Mejía, 2014).

- Para impulsar el uso de fuentes alternas de energía (Solar Fotovoltaica), se creó el Decreto 3652 y 3683 de 2003, los cuales establecen el programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás Formas de Energía No Convencionales – PROURE (Ángeles et al., 2008).

- Actualmente existe la Ley 143 de 1994, la cual establece el régimen de las actividades de generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad, de acuerdo a actividades legales correspondientes al MME (Ministerio de Minas y Energía).

- Mediante la resolución 18 0919 de junio de 2010, se promueve la utilización de energías alternativas.

- La ley 1715 de 2014, se creó con el fin de reglamentar la integración de las energías renovable no convencionales al sistema energético nacional, dentro de sus funciones delega a la

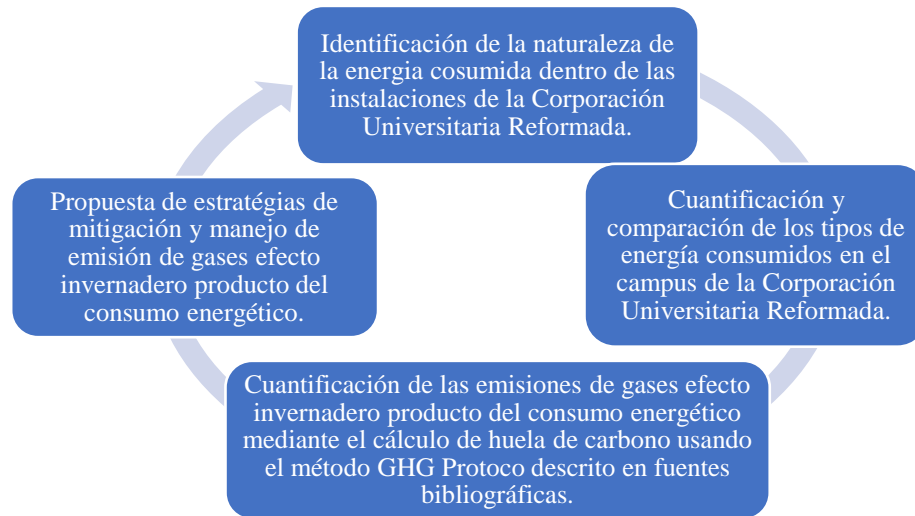
CREG establecer tarifas para la energía solar FV, también regula la venta de créditos o excedentes de energía entregados a la red de distribución y transporte para auto generadores que produzcan menos de (5 MW), apoya la utilización de fuentes locales para producción de energía a través del Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (FENOGE) (UMPE, 2014).

- Los lineamientos de la política energética general vigente se encuentran en el PEN 2050, el cual presenta ideas, perspectivas, retos, requerimientos, competencias y panorama del sector energético (UPME, 2015).

9. Metodología

El enfoque del presente es mixto, ya que se evaluarán cantidades y a partir del análisis de dichos resultados se modificarán cualidades y características establecidas para el consumo energético en los procesos que cotidianamente se desarrollan en el campus de la Corporación Universitaria Reformada. La recolección de datos se realizará a partir de fuentes secundarias, y se tabularán y ajustarán los pertinentes, con el fin de hacer ilustrativo el consumo energético y a partir de esto, la huella de carbono. La población se delimitará a la comunidad que desarrolla sus actividades a diario dentro del plantel educativo.

Figura 3 Metodología para la evaluación de alternativas que permitan reducir las fuentes de emisión de gases de efecto invernadero y con ellas la huella de carbono, (Elaboración propia, 2021)



El desarrollo investigativo del presente, consta de un total de 4 etapas que buscan el cumplimiento de los objetivos planteados anteriormente. Es indispensable realizar una contextualización con la naturaleza del problema, de allí que la primera fase sea el Diagnóstico; posteriormente tenemos la fase 2, Cuantificación y comparación de consumo de la energía convencional y la energía renovable, donde se desarrollarán propiamente los cálculos del consumo energético. La fase 3 titulada Cuantificación de las emisiones producto del consumo energético (Huella de carbono), tiene como finalidad el desarrollo del método de cálculo de la huella de carbono. Por último, la fase 4: Estrategias de reducción huella de carbono, describe estrategias propuestas para aumentar la eficiencia energética y reducir las emisiones totales.

9.1 Fase 1: Diagnóstico

En esta fase se realizará identificación de los tipos de energía que se consumen en las actividades que usualmente se desarrollan en el campus universitario teniendo en cuenta todas las áreas, unidades y dependencias y así relacionarlas con la emisión de gases efecto invernadero

características del consumo energético. Es importante tener en cuenta el Sistema de Gestión Ambiental, si existe dentro de la Corporación Universitaria Reformada, para evaluar los procesos que allí se encuentren destacados como puntos críticos o de interés.

9.2 Fase 2: Cuantificación y comparación de consumo de los tipos de energía.

Se realizará la recolección de datos por medio de fuentes secundarias para poder determinar cuanta energía se consume diariamente en la Corporación Universitaria Reformada y cuál es la naturaleza de cada tipo de consumo. De ser necesario se realizarán extrapolaciones para hallar datos adicionales que estén relacionados con el consumo de energía. Luego se compararán para poder determinar el concepto de eficiencia energética del recinto universitario.

Para el cálculo de la energía solar fotovoltaica se utiliza la ecuación 1 (Pinto, 2020):

$$\text{Energía Solar Fotovoltaica} = \text{Capacidad} * \text{Horas pico sol} * \text{días de funcionamiento} \quad (1)$$

9.3 Fase 3: Cuantificación de las emisiones producto del consumo energético (Huella de carbono)

Se realizará el cálculo de la huella de carbono de cada uno de los tipos de energía consumidos dentro del campus universitaria que inciden en el desarrollo de sus actividades. Siguiendo los lineamientos del GHG Protocol, se aplicará el método de factor de emisión documentados, de acuerdo con la ecuación 2 (Ranganathan et al., 2001).

$$E = FE * DA \quad (2)$$

Donde:

E: es la emisión de la actividad

FE: es el factor de emisión

DA: es el dato de actividad.

Algunos de los factores de emisión son:

Tabla 2 Clasificación de las actividades con su factor de emisión, adaptado de (GreenHouse Gas Protocol, 2015)

Actividad	Factor de emisión
Energía Solar Fotovoltaica	0.02980 kg CO ₂ /kWh
Energía Eléctrica	0.16438 kg CO ₂ / kWh

9.4 Fase 4: Estrategias de reducción huella de carbono

Se llevará a cabo la propuesta de estrategias y propuestas de posibles tecnologías para la reducción de las emisiones de gases efecto invernadero producto del consumo energético en el campus universitario, enfocando a la mitigación de la huella de carbono en estudio y a la contextualización de los procesos universitarios dentro del cumplimiento de los Objetivos del Desarrollo Sostenible.

10. Resultados

Figura 4 Paneles solares instalados en la infraestructura de la Corporación Universitaria Reformada ((Pinto, 2020)



Figura 5 planta generadora instalada con tecnología fotovoltaica (Pinto, 2020)



La Corporación Universitaria reformada cuenta con una planta de generación fotovoltaica que representa un ahorro del 20% de consumo de energía convencional, con capacidad esperada de 213 kW, que en la práctica se reduce a 200kW por pérdidas de instalación, suciedad y fallas de instalación, conformada por 640 paneles solares de 330 W cada uno, es necesario resaltar que solo se encuentra en funcionamiento el 95% de días del año (aproximadamente 347 días) puesto que el tiempo restante se destina a labores de revisión de la instalación y mantenimientos de rigor (Pinto, 2020). Para el cálculo de la energía producida se utiliza el estimado de 5.5 Horas Pico Sol (IDEAM,2014) y en el cálculo de la huella de carbono se tendrá en cuenta el lineamiento GHG Protocol descrito en la fase 3 de la metodología.

Para el cálculo de la energía se utiliza la ecuación 1, descrita en la fase dos de la metodología, donde se obtiene:

$$\text{Energía Solar Fotovoltaica} = 381700 \text{ kWh/año}$$

que representa un 20% de ahorro energético, realizando una extrapolación encontramos que la energía eléctrica consumida es:

$$\text{Energía Eléctrica} = (\text{Energía Solar Fotovoltaica} / 0.2) \cdot 0.8$$

$$\text{Energía Eléctrica} = 1526800 \text{ kWh/año}$$

y la energía total consumida (suma de los dos tipos de energía), necesaria para el desarrollo de las actividades dentro del campus universitario es de: 1908500 kWh/año.

Desde el primer momento, revisión bibliográfica, podemos constatar que la eficiencia energética del campus universitario es aproximadamente 20%.

Teniendo en cuenta GHG Protocol, tenemos las siguientes huellas de carbono:

Huella de carbono Energía Solar Fotovoltaica= 11374.66 kgCO2/año

Huella de carbono Energía Eléctrica= 250975.384 kgCO2/año

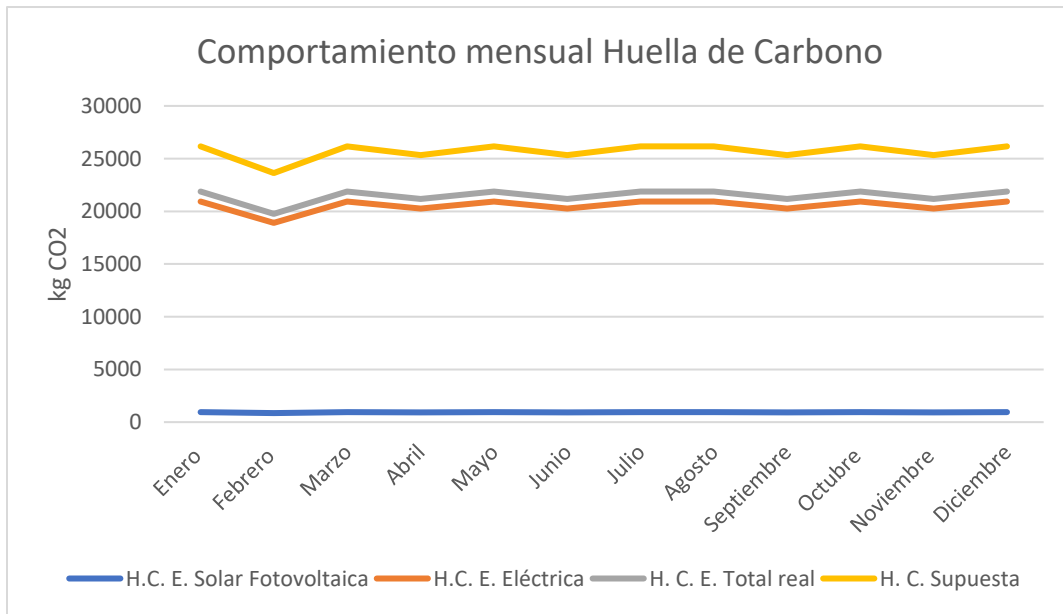
Huella de carbono total real= 11374.66 kgCO2/año + 250975.384 kgCO2/año

Huella de carbono total real= 262350.044 kgCO2/año

Huella de carbono total si solo se consumirá energía eléctrica= 313719.23 kgCO2/año

Teniendo en cuenta la anterior, con la implementación del 20% de gestión energética encontramos una reducción de 51369,186 kgCO2/año en la huella de carbono que representa aproximadamente el 16.37%.

Figura 6 Comportamiento mensual de la huella de carbono de los distintos tipos de energía consumidos en el campus universitario, Fuente: Elaboración Propia



11. Discusión

Si bien, la Corporación universitaria Reformada ha iniciado un camino hacia la sostenibilidad y ha alcanzado una eficiencia energética del 20% en la práctica, es posible seguir explotando el potencial de la inversión en 640 paneles solares y alcanzar un número mayor de horas pico sol para estos dispositivos, aumentando considerablemente la obtención de energía solar fotovoltaica.

Para ello se plantea, basándonos en un análisis bibliográfico, una de las primeras alternativas tecnológicas, sugiriendo la instalación de bases rotativas, superficies de espejo y seguidores solares que permitan el aprovechamiento de la posición privilegiada de nuestra ciudad y aumentar así las horas pico sol de 5.5 a 6.6. De esta manera podríamos aumentar la eficiencia energética hasta el 24.4% y la huella de carbono se reduciría en un 20.01%, como se muestra a continuación:

Utilizando la ecuación 1 para hallar la energía solar fotovoltaica tenemos que, si aumentamos a 6.6 hora pico sol:

$$\text{Energía Solar Fotovoltaica} = 458040 \text{ kWh/año}$$

$$\text{Energía Eléctrica} = 1450460 \text{ kWh/año}$$

Para estos nuevos valores de energía, teniendo en cuenta la ecuación 2 descrita por el GHG Protocol, tenemos que las nuevas huellas de carbono:

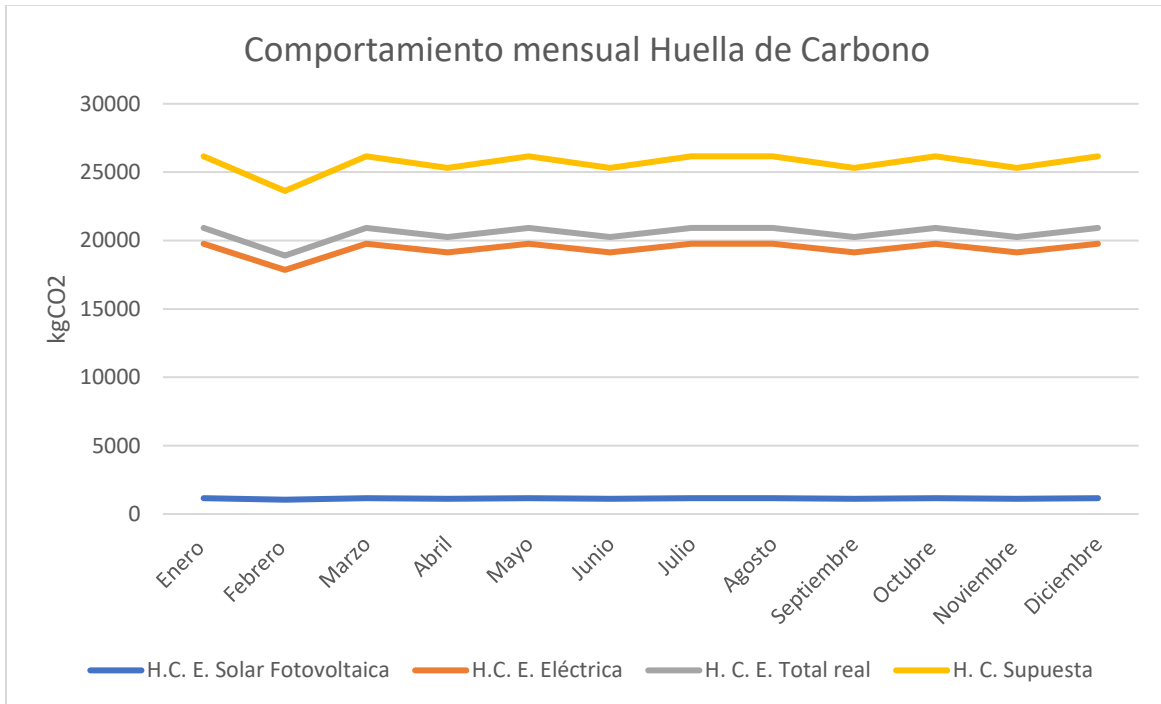
$$\text{Huella de carbono Energía Solar Fotovoltaica} = 13649.592 \text{ kgCO}_2/\text{año}$$

$$\text{Huella de carbono Energía Eléctrica} = 238426.615 \text{ kgCO}_2/\text{año}$$

Huella de carbono total real= 252076.2068 kgCO2/año

Huella de carbono total si solo se consumirá energía eléctrica= 313719.23 kgCO2/año

Figura 7 Comportamiento mensual de la huella de carbono, con aumento de las horas pico sol, de los distintos tipos de energía consumidos en el campus universitario, Fuente: Elaboración Propia

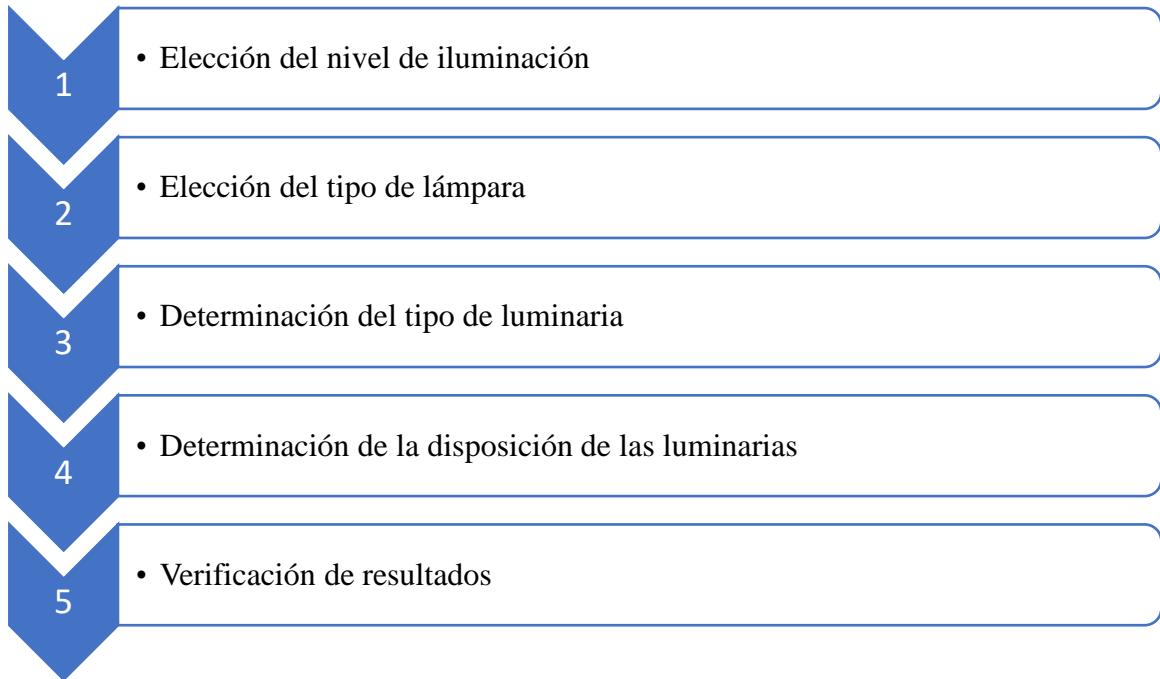


Como segunda alternativa tecnológica se recomienda la revisión de las redes eléctricas, luminaria y aires acondicionados del campus universitario de forma periódica, para mejorar el rendimiento de los mismos y evitar pérdidas de energía eléctrica en forma de calor. Adicional a ello se sugiere el mejor aprovechamiento de la luz natural en recintos cerrados como salones de clases y oficinas, ya que permitirá el ahorro de luminaria al menos por 6 horas al día.

Por otro lado, se sugiere la instalación de luminaria ahorradora de energía, teniendo en cuenta las necesidades lumínicas y requerimientos energéticos de cada espacio y evitar caer en

problemas de sobre iluminación y pérdida derivada de energía. Para ello se recomienda seguir la siguiente metodología:

Figura 8 Etapas de la planificación de la luminaria, adaptado de (OptimaGrid, 2020)



Por último, se sugiere la implementación de buenas prácticas del uso de aires acondicionados, programándolos en una temperatura aproximada a los 22°C y realizando los respectivos mantenimientos de instalaciones eléctricas y cambios de refrigerante. Todo esto teniendo en cuenta consideraciones por equipo como: cada grado menos aumenta aproximadamente un 8% de consumo de energía en factura, las “nuevas tecnologías” como la función eco permite un ahorro cercano al 30% en consumo y que los dispositivos calificados en categoría A, +++ o A+, aunque son un poco más costosos, dentro de su vida útil y realizando los mantenimientos pertinentes se logrará evidenciar un ahorro cercano al 60% de energía en consumo energético (Fernández, 2017).

12. Conclusiones y Recomendaciones

Podemos concluir que la Corporación Universitaria Reformada ya inició un camino de transformación hacia la sostenibilidad, donde ya es posible hablar de una eficiencia energética aproximada al 20% y que es notable el avance en la instalación de equipos (paneles solares) que permiten el aprovechamiento de fuentes de energía limpia, existiendo así dos formas de suministro energético: La energía eléctrica (convencional) y la energía solar fotovoltaica.

También se logra estimar que, con las estrategias actualmente utilizadas, se logra una reducción significativa del 16.37% anual, que equivale a unas 51369,186 kgCO₂/año, cifra considerable que hace parte del inicio de una serie de acciones que intentan mitigar las afectaciones producidas por los humanos que han deteriorado con el paso de los tiempos al planeta tierra.

Además, es necesario resaltar que el camino hacia la sostenibilidad ambiental, en cuanto a adaptación del plantel físico de una institución de educación superior, no es estático; por el contrario, es dinámico y cambiante con los descubrimientos tecnológicos de la ciencia. Por ello es necesario reforzar las estrategias que se están llevando a cabo para optimizar a futuro valores de la eficiencia energética. En concordancia con esto se sugieren una serie de actividades que varían desde aspectos técnicos con los mismos paneles solares a fin de llevar hasta el 20% la reducción de la huella de carbono disminuyendo en 61643.0232 kgCO₂/año. Por otro lado, se recomienda la planificación de una luminaria que sea eficiente y contribuya con el ahorro energético, y una serie de sugerencias para el funcionamiento y programación de equipos de acondicionamiento de aire con el fin de apuntar hacia una disminución de consumo de energía eléctrica convencional.

Como recomendaciones, por la coyuntura en la que estamos viviendo a causa de la emergencia sanitaria producida por el COVID 19, tenemos:

- Visitas a la instalación de paneles solares, con la finalidad de hacer mediciones y verificar que se estén obteniendo los resultados teóricos planteados, y dimensionar un sistema de soportes giratorios para el aprovechamiento de un mayor número de horas pico sol.
- Entrevistas con el personal de mantenimiento de la institución para recolectar información primaria de luminaria, equipos de aire acondicionado y redes eléctricas del campus universitario.
- Realizar un inventario de luminaria existente, para conocer cantidad y naturaleza.
- Realiza un inventario de equipos de acondicionamiento de aire para conocer su tipo, el refrigerante que utilizan y la potencia específica de cada equipo.
- Constatar todos los datos teóricos con los prácticos a fin de complementar los valores descritos en el presente trabajo.

13. Referencias

- Agencia Europea de Medio Ambiente AEMA. (2010). Contaminación atmosférica. [Recurso electrónico]. Recuperado de: <https://www.eea.europa.eu/es/themes/air/intro>
- Anglés, R. González, A. Moscoso, G. Vega, C. y Encinas, D. (2008). SER - Energía Renovable en Colombia. EOI - Escuela de Negocios, Plan de Negocios, Madrid, España.
- IDEAM. (2014). Mapa de irradiación global horizontal medio diario anual [Ilustración]. ATLAS. <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>
- Benavides, H. O. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. In IDEAM. <https://doi.org/IDEAM-METEO/008-2007>
- Bonell, R. (2007). El protocolo de Kioto y la tributación ambiental. Anuario Jurídico y Económico Escurialense, XL, (40), 71–100.
- Camargo, A. Arboleda, M. y Cardona, E. (2013). Producción de energía limpia en Colombia, la base para un crecimiento sostenible. XM, Compañía Expertos en Mercados, Filial de ISA, Colombia.
- Carrillo Cadena, G., & Rivera Torres, M. J. (2020). Formulación de soluciones tecnológicas que mitiguen la huella de carbono en la Universidad Santo Tomás, sede Aguas Claras- Villavicencio.
- Congreso de Colombia. (Julio de 1994). LEY 143 de 1994. [Recurso electrónico]. Recuperado de: https://www.minenergia.gov.co/documents/10180/667537/Ley_143_1994.pdf

CORPOEMA CONSORCIO ENERGÉTICO y UPME. (2010). Formulación de un Plan de Desarrollo para Las Fuentes No Convencionales de Energía en Colombia (PDFNCE). vol. II Diagnóstico de las FNCE en Colombia, p. 137–152.

Correa, C. Marulanda, G. y Panesso, A. (2016). Impacto de la penetración de la energía solar fotovoltaica en sistemas de distribución: estudio bajo supuestos del contexto colombiano. Tecnura, Universidad Francisco José de Caldas. 20(50), 85-95.

Díaz, T. y Carmona, G. (2010). Instalaciones Solares Fotovoltaica. Mcgraw-Hill / Interamericana De España, S.A.

Dolezal, A. Majano, A. Ochs, A. y Palencia, R. (2013). La Ruta hacia el Futuro para la Energía Renovable en Centroamérica. Worldwatch Institut. Costa Rica.

Eraso, F. y Erazo, O. (2015). Potencial Natural para el Desarrollo Fotovoltaico en Colombia.52–59.

Fernández, J. (junio 19, 2017). Claves para usar bien el aire acondicionado (y ahorrar) en una ola de calor. El País Economía.

https://cincodias.elpais.com/cincodias/2017/06/19/midinero/1497865318_727084.html

Gómez, J. Murcia, J. y Cabezas, I. (2017). La energía solar fotovoltaica en Colombia: potenciales, antecedentes y perspectivas. Facultad de Ingeniería Mecánica, Universidad Santo Tomás. Bogotá – Colombia.

GreenHouse Gas Protocol. (2015). Herramientas de cálculo. Equipos de Refrigeración y Aire Acondicionado. <https://ghgprotocol.org/calculation-tools>.

Iberdrola. (2011). La lluvia ácida, un peligro real para los seres vivos. [Recurso electrónico]. Recuperado de: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/lluvia-acida>

IDEAM. Anexo: promedios mensuales de brillo solar para todas las estaciones del país (horas de sol al día). [Recurso electrónico]. Recuperado de: http://atlas.ideam.gov.co/basefiles/6.Anexo_Promedios-mensuales-de-brillo-solar.pdf

Ihobe. (2013). Metodologías para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero. https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/7metodologias_gei/es_def/adjuntos/7METODOLOGIAS.pdf

Kreith, F. de Almeida, A. Tohson, K. McMahon, J. Atkinson, B. Biermaye, P. Rosenquist, G. (2007). Energy Efficient Technologies. Handbook of Energy Efficiency and Renewable, 12(2), 12-60

Mejía, G. (2014). Estudio comparativo entre la legislación de eficiencia energética de Colombia y España. Revista Escuela De Administración De Negocios, (77), 122-134.

Méndez, A. y Rivera, C. (2015). Evaluación del potencial del uso de la energía solar fotovoltaica en el campus de la universidad ICESI. Proyecto de grado, Universidad ICESI. Santiago de Cali – Colombia.

Merino, L. (2019). Energías Renovables para todos. Energías Renovables, Haya Comunicaciones. España.

Ministerio de Ambiente y desarrollo sostenible. (s.f). Protocolo de Kioto (pK). [Recurso electrónico]. Recuperado de:

<https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/458-plantilla-cambio-climatico-14>

Ministerio del Medio Ambiente. (2018). Gases Efecto Invernadero | Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. El ambiente es de todos Minambiente. [Recurso electrónico]. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/462-plantilla-cambio-climatico-18>

Mondéjar, M. Collado, D. Capuz, S. Bastante M. & Viñoles, R. (2011). La Huella de Carbono y su utilización en las instituciones universitarias. 2, 6–8. http://dspace.aepro.com/xmlui/bitstream/handle/123456789/1518/CIIP11_1950_1959.pdf?sequence=1

Naciones Unidas. (1992). Convención marco de las naciones unidas sobre el cambio climático (Vol. 62301). <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/convsp.pdf>

OptimaGrid. (2020). Buenas Prácticas para el Ahorro de Energía en la Empresa. Universidad San Jorge. [Recurso electrónico] recuperado de: <https://www.miteco.gob.es/es/ceneam/recursos/pag-web/optimagrid.aspx>

Ospino, A. (2010). Análisis del potencial energético solar en la región caribe para el diseño de un sistema fotovoltaico. *Revista Inge-CUC*, (6)6.

Pandey, D. M. Agrawal y J. Pandey. (2010). Carbon footprint: current methods of estimation. *Environmental Monitoring and Assessment*, 178(1-4), 135-160.

Pinto, J. [José Pinto]. (2020, noviembre 3). Video Energía Solar [Archivo de video]. Recuperado de: <https://youtu.be/7XN1cDo-3vY>.

Probst, O. (2001). Energía El biodiesel como alternativa limpia y renovable para el transporte. *Transferencia, Revista digital de posgrado, investigación y extensión del campus Monterrey*, 14(56).

Ranganathan, J., Moorcroft, D., Koch, J., & Bhatia, P. (2001). Protocolo de Gases Efecto Invernadero; estandar corporativo de contabilidad y reporte.
https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/protocolo_spanish.pdf

Redacción National Geographic. (2010, 5 noviembre). ¿Qué es el calentamiento global? National Geographic. [Recurso electrónico] <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/que-es-el-calentamiento-global>

Rodríguez, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de ingeniería, Universidad de los Andes*. 83 – 89.

Rodríguez, M. (1994). La política ambiental del fin de siglo: una agenda para Colombia. Cerec. [Recurso electrónico] recuperado a partir de <https://books.google.com.co/books>

Sánchez, C. Fuquen, H. (2014). Eficiencia Energética. *Desarrollo tecnológico e innovación empresarial*, 3 (1), 9-13.

Sevilla, M. Golf, E. y Driha, O. (2013). Las energías renovables en España. *Estudios de economía aplicada*, 31(1), 35 – 58.

Sinclair, A. J., A. Diduck y P. Fitzpatrick (2008), “Conceptualizing Learning for Sustainability Environmental Assessment: Critical Reflections on 15 Years of Research”, *Environmental Impact Assessment Review*, 28, pp. 415- 428

Sistema de Información Electrónico Colombiano – SIEL. Normatividad. [Recurso electrónico]. Recuperado de:

<http://www.siel.gov.co/siel/Inicio/Normatividad/tabid/65/Default.aspx>

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. (2014). LEY 1715 de 2014. [Recurso electrónico]. Recuperado de:

https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética UPME. Plan energético nacional Colombia: ideario energético 2050. 184, 2015.

Universidad Sergio Arboleda. (2009). Huella de Carbono.

<https://www.usergioarboleda.edu.co/huella-de-carbono/>

Venegas, M. Rodriguez, A. & Salazar, T. (2015). Inventario de emisiones de Gases de Efecto Invernadero un insumo en la gestión del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR). *Gestión y Ambiente*, 18(1), 61–79. <https://www.redalyc.org/pdf/1694/169439782004.pdf>

Vergara, P. Rey, J. Osma, G. y Ordoñez, G. (2014). Evaluación del potencial solar y eólico del campus central de la Universidad Industrial de Santander y la ciudad de Bucaramanga. *Colombia Rev. UIS Ingenierías*, 13(2), 49-57.