



ESTUDIO PARA LA VIABILIDAD DE USO DE PLACAS SOLARES EN OBRAS DE
CONSTRUCCIÓN

ELABORADO POR:

DIEGO ALONSO PACHÓN MUÑOZ

ESTUDIANTE DE ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS

UNIVERSIDAD EAN

ESCUELA DE FORMACIÓN EN INVESTIGACIÓN

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN DE ESPECIALIZACIÓN

CARTAGENA DE INDIAS

2023

Contenido

| | |
|--|----|
| 1. Resumen..... | 4 |
| 2. Problema de investigación | 6 |
| 3. Objetivos..... | 8 |
| 4. Justificación..... | 9 |
| 5. Marco teórico..... | 11 |
| 6. Metodología | 12 |
| 7. Desarrollo de la investigación | 14 |
| 7.1. Selección del proyecto | 14 |
| 7.2. Información de consumos de energía eléctrica en proyecto Trevi..... | 17 |
| 7.3. Desarrollo de simulación | 18 |
| 7.4. Cálculos para dimensionar cantidad de placas solares | 20 |
| 7.5. Presupuesto de equipos requeridos..... | 21 |
| 7.6. Resultado de la investigación..... | 22 |
| 8. Estrategias para realizar una transición eficiente | 24 |
| 9. Análisis y discusión de resultados..... | 25 |
| 10. Conclusiones..... | 27 |
| 11. Referencias | 28 |

Lista de figuras

| | |
|--|-----------|
| <i>Figura 1 Ubicacion proyecto trevi</i> | <i>15</i> |
| <i>Figura 2 Render proyecto Trevi</i> | <i>16</i> |
| <i>Figura 3 Etapa 1 - proyecto Trevi</i> | <i>16</i> |
| <i>Figura 4 Etapa 2 - Proyecto Trevi</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 5 Equipos requeridos.....</i> | <i>22</i> |

Lista de tablas

| | |
|---|-----------|
| <i>Tabla 1 consumo energético proyecto Trevi.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Tabla 2 Ventajas y desventajas entre sistema de conexión a la red y baterías de litio</i> | <i>19</i> |

1. Resumen

En la presente investigación se tiene como objetivo comparar el consumo de energía eléctrica de una obra de construcción bajo dos escenarios diferentes, el primero es la manera convencional la cual se abastece por medio de la red del prestador de servicio local y el segundo consiste en recrear por medio de cálculos matemáticos lo requerido tanto en equipos y costos para instalar un sistema de placas solares capaces de ofrecer la misma cantidad de energía eléctrica que el proyecto requiere.

Para llevar a cabo lo mencionado anteriormente se eligió el proyecto Trevi, en la ciudad de Cartagena, se obtuvo la información del consumo eléctrico desde el inicio hasta el momento de la toma de datos, aproximadamente fueron 20 meses desde el inicio de actividades, al obtener esta información se calcularon los costos económicos y se promediaron.

Al obtener la información mencionada, se procedió a calcular que costos económicos tiene instalar un sistema de placas solares, capaces de satisfacer la demanda energética que tiene el proyecto de construcción seleccionado, posteriormente se hace una comparación respecto a ventajas y desventajas de cada forma de abastecimiento.

Se hizo el comparativo para elegir entre sistemas de placas solares conectados a la red de interconexión nacional, o sistema tradicional conectados a baterías, para llegar a elegir la primera opción, teniendo criterios, como geografía y cercanía a punto de conexión.

Se finalizó con plasmar estrategias que se pueden aplicar para iniciar una transición energética en un sector que consume bastante energía como lo es el de la industria de la construcción.

1.1. Palabras clave:

Placas solares: también llamadas paneles solares, es un dispositivo usado para aprovechar la energía solar, transformándola en energía eléctrica.

Kilovatio hora: unidad de medida que representa el trabajo o energía de un aparato que consume un kilovatio por hora

Vatio hora: es una unidad de medida aplicada a la energía, es el valor de un vatio por hora, un vatio hora equivale a 3,600 julios (J)

Baterías de litio: Dispositivos capaces de almacenar energía eléctrica y liberarla, de manera controlada.

Inversor híbrido: equipo usado en para transformar La corriente eléctrica de continua alterna.

Irradiación solar: es la medida usada para expresar la cantidad de energía por área que recibe cierto lugar en específico sus unidades son wh/mw o J/m²

2. Problema de investigación

En las obras de construcción el consumo de energía es bastante elevado, por ende, su abastecimiento debe ser de manera constante y de calidad, para satisfacer esta necesidad se tienen que asumir costos económicos que no se retornaran en ningún momento, sin contar con los costos sociales y ambientales que se puedan tener dependiendo el modo de obtención del recurso energético.

Actualmente la mayoría de las obras civiles se abastecen de energía eléctrica de forma tradicional, usando instalaciones provisionales las cuales se cuelgan de la red del municipio, pueblo o ciudad y se desmontan al finalizar la etapa de construcción, dependiendo la magnitud del proyecto se estima la duración de este.

La industria de la construcción por su naturaleza se encuentra en ejecución continua a nivel mundial, la necesidad de que esto siga así es bastante alta ya que gracias a estos desarrollos se logran satisfacer bastantes necesidades de la sociedad, esto conlleva a que el consumo de energía destinado para la ejecución de las obras termine siendo una cantidad bastante importante, “la industria de la construcción usa el 40% de la energía consumida a nivel global según” (Niño, 2023). A nivel individual cada obra debe tener acceso a los servicios de energía en todas las etapas de su ejecución, este acceso tiene un costo tanto ambiental como económico, el cual debe ser tenido en cuenta para poder calcular los gastos de cualquier proyecto.

La protección del medio ambiente es un tema relevante, en los últimos años tomando aún más relevancia entre las naciones más importantes del mundo quien han generado conciencia desde sus propios países, así como alianzas con otras naciones permitiendo generar estrategias globales sobre la necesidad del cambio o innovación de

procesos que reduzca de manera importante la afectación que puedan generar el medio ambiente tanto a corto como a largo plazo.

La preocupación constante y activa de la protección al medio ambiente ha incentivado a la generación de políticas ecológicas durante los últimos años, así como también se han generado conciencia en la sociedad, ahora un cliente se preocupa más por la forma en la cual se produjo su bien, en otras palabras, se inclinan por productos que generen menor impacto ambiental y empresas que tengan mayor conciencia ambiental.

3. Objetivos

3.1. Objetivo general.

Evaluar la rentabilidad del uso de placas solares en un proyecto de construcción, versus el uso de energía convencional proveniente del sistema de interconexión nacional.

3.2. Objetivos específicos.

Estimar los costos relacionados con el uso de energía eléctrica en el proyecto de construcción seleccionado a evaluar.

Estimar los costos necesarios para generar la misma cantidad de energía consumida mensualmente, usando placas solares.

Sugerir estrategias para realizar una transición de energía convencional a energías alternativas en procesos de construcción.

4. Justificación

Estudiar opciones para lograr disminuir costos en el proceso constructivo de cualquier obra civil es de vital importancia ya que el éxito en esta etapa va atado a su rendimiento económico, en este caso el análisis se enfocara en ver las posibilidades de reducir la cantidad de energía que se está usando a través de la red de abastecimiento convencional y a cambio usar algún método de generación no convencional, si se logra evidenciar que hay posibilidades de reducir gastos con métodos de generación de energía alternativos no solamente habrán beneficios económicos si no que adicionalmente se podría reducir el impacto sobre el ambiente.

Una de las necesidades más evidentes que tiene la humanidad actualmente es la de lograr generar una transición energética que lleve de usar energías no renovables y con alto impacto ambiental a usar energías generadas de manera alternativa y de manera no invasiva, por experiencia se sabe que lograr este objetivo llevara bastante tiempo y esfuerzo ya que por necesidad aun no es viable dejar de depender de energías generadas de manera convencional. Comprendiendo lo anterior se puede deducir que lo más sano para no afectar el libre desarrollo de la economía es ir adelantando esta transición de alguna manera que su inclusión sea casi imperceptible para efectos económicos.

Como resultado del aumento de población el ser humano ha ido expandiendo su presencia en distintos lugares del planeta, lugares que probablemente no se contemplaron nunca para llegar a usarse ya sea para habitar creando ciudades o pueblos, o para disponer de sus recursos construyendo presas, embalses o cementeras entre otros, con dicha expansión se hace necesario transportar recursos de un lugar a otro,

entre estos se encuentra la energía eléctrica, para tener disponibilidad de este recurso normalmente se hacen tendidos de redes desde el lugar más cercano posible, o se usa plantas a base de hidrocarburos, estos métodos convencionales generan costos bastante elevados y en muchas ocasiones los elementos usados para dichas instalaciones se pierden, poder aplicar algún método de generación de energía alternativa en estos lugares permitirá aumentar la velocidad al momento de iniciar proyectos.

5. Marco teórico

El ser humano a través de todo su proceso evolutivo ha ido usando todos los recursos que ha tenido a su disposición para tener comodidad y acceder a nuevas tecnologías, en cuanto a energía se refiere se han ido descubriendo distintas maneras de generarla e ir satisfaciendo las necesidades de cada etapa de su proceso, en la actualidad las principales fuentes de energía son los combustibles fósiles, ya que por su facilidad de obtención se han convertido en el favorito del mercado.

A medida que se han ido extrayendo combustibles fósiles se ha podido evidenciar que su uso, aunque eficiente al momento de generar energía tiende a dejar huellas irreversibles en el ambiente. Al hablar de uso de energías alternativas, se hace referencia a aquellas que provienen de métodos no convencionales que por su naturaleza poco invasiva no alteran el ambiente.

Como resultado de tantos años de extracción de combustibles fósiles la tierra ha sufrido cambios para los cuales no se encontraba preparada, dichos cambios han acelerado situaciones climáticas que han afectado el libre desarrollo de la vida en el planeta hasta el punto de ponerla en riesgo.

Entendiendo lo anterior se logra evidenciar con mayor facilidad una de las necesidades que se deben satisfacer actualmente a nivel mundial, que es generar energía de una manera responsable que permita el libre desarrollo de la vida, aunque la necesidad es alta y debería ser un proceso rápido, esta transición tendrá que ser a un ritmo que permita que todo lo que depende de la obtención de recursos fósiles y de sus derivados siga existiendo.

6. Metodología

Por las características de la información que se desea adquirir por medio de esta investigación se usará un enfoque cuantitativo, que consiste en medir y analizar los datos numéricos obtenidos a través de instrumentos estandarizados y validados.

Para cumplir con el primer objetivo se recopilará la información relacionada con los gastos generados por el consumo de energía eléctrica en el proyecto elegido, esto se obtendrá de los pagos realizados mes a mes por parte de la constructora a la entidad prestadora del servicio. Esta información permitirá conocer el consumo promedio de energía eléctrica por mes, el costo por kilovatio hora.

Con la información obtenida del anterior ejercicio se podrá iniciar la búsqueda del segundo objetivo, para esto se simulará un abastecimiento de energía generado por paneles solares, capaz de satisfacer la demanda energética del proyecto, promediada mes a mes, con los datos recopilados se compara los costos y beneficios, para obtener un resultado del análisis.

Para el último objetivo se analizarán los resultados obtenidos y se harán sugerencias enfocadas a generar una migración transitoria al uso de energías limpias en obras de construcción. Estas sugerencias se basarán en los beneficios que se pueden obtener al implementar placas solares, como el ahorro de costes, la protección del medio ambiente y la mejora de la imagen y la reputación de la empresa constructora. También se tendrán en cuenta los posibles desafíos y limitaciones que se pueden presentar, como la inversión inicial, la disponibilidad de espacio, la variabilidad climática y la normativa legal.

Finalmente, se propondrán algunas recomendaciones para superar estos obstáculos y facilitar la transición energética en el sector de la construcción.

7. Desarrollo de la investigación

7.1. Selección del proyecto

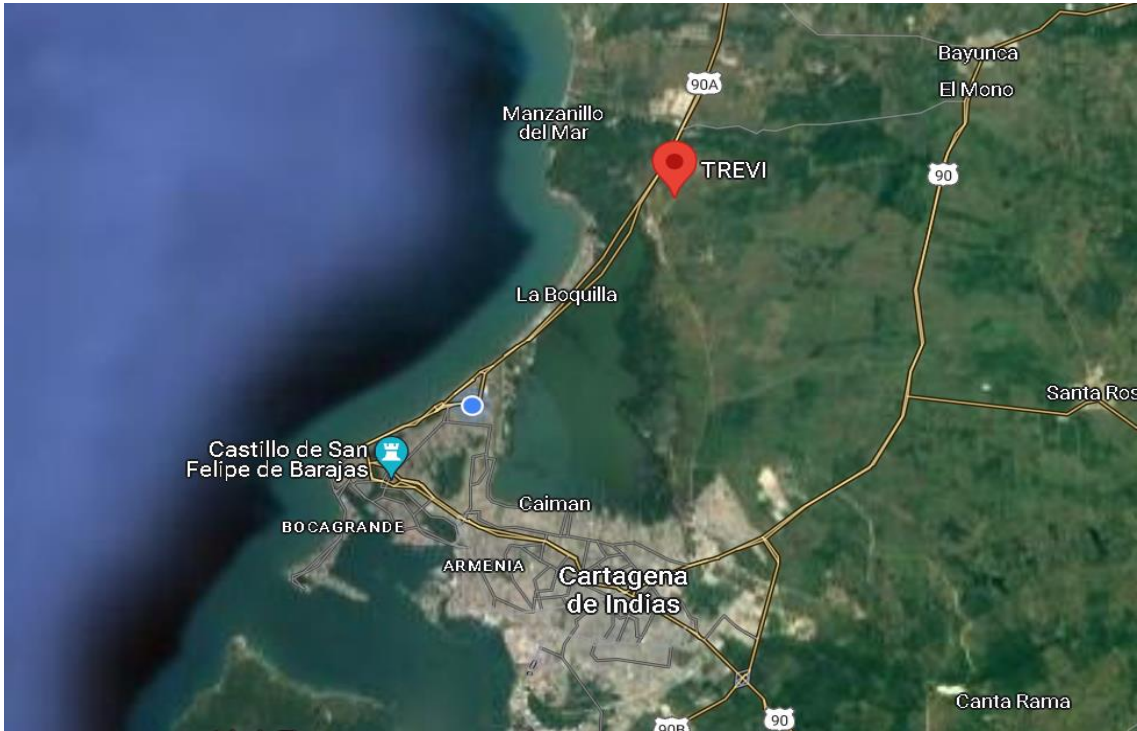
El proyecto elegido para realizar la investigación es Trevi, ubicado en la ciudad de Cartagena, esta construcción está siendo desarrollada por la constructora Prodesa Y CIA sa, es un proyecto de vivienda multifamiliar compuesto de 7 torres de apartamentos, el proyecto tiene un área total de 14,500m², su desarrollo se tiene programado en dos etapas, la primera contempla los óvalos A, B, tira E y zonas comunes, la segunda óvalos C,D y las tiras F y G, esta construcción se inició a finales del año 2021 y actualmente se lleva la etapa 1 al 60%.

Cartagena es una ciudad perfecta para el aprovechamiento de la energía solar, ya que cuenta con una alta radiación solar durante todo el año. Según el Atlas de Radiación Solar, Ultravioleta y Ozono de Colombia, Cartagena recibe en promedio 5.4 kWh/m² de irradiación global horizontal al día, lo que la sitúa entre las ciudades con mayor potencial solar del país. Además, Cartagena tiene un clima tropical, con temperaturas medias de 28°C y una humedad relativa del 80%, lo que favorece la generación de energía eléctrica a partir de la luz solar.

La ventaja de utilizar placas solares en el proyecto Trevi es que se podría reducir el consumo de energía de la red eléctrica y el gasto en facturas de electricidad, así como disminuir la emisión de gases de efecto invernadero y contribuir a la sostenibilidad ambiental. Las placas solares se podrían instalar en las cubiertas de las torres de apartamentos, aprovechando el espacio disponible y la orientación óptima para captar la mayor cantidad de energía solar posible. La energía eléctrica producida por las placas

solares se podría utilizar para alimentar los sistemas de iluminación, climatización, comunicación y seguridad de las viviendas, así como para cargar baterías, herramientas y vehículos eléctricos.

Figura 1 Ubicacion proyecto trevi



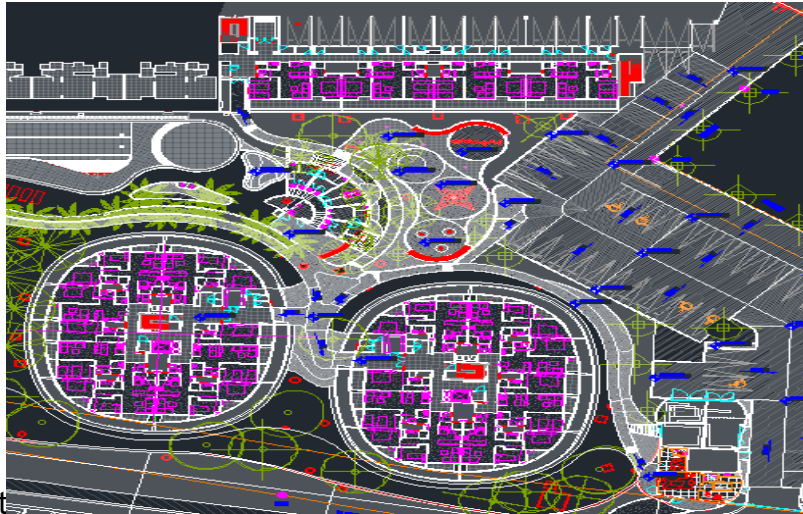
Fuente: Google maps

Figura 2 Render proyecto Trevi



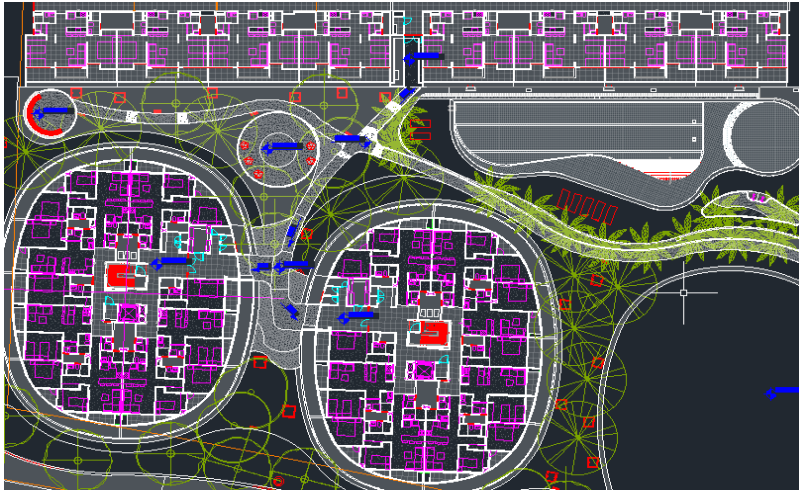
Fuente: Bim 360 – Proyecto Trevi

Figura 3 Etapa 1 - proyecto Trevi



Fuente: Bim 360 – Proyecto Trevi

Figura 4 Etapa 2 - Proyecto Trevi



Fuente: Bim 360 – Proyecto trevi

7.2. Información de consumos de energía eléctrica en proyecto Trevi.

A continuación, se presenta la relación de consumo de energía eléctrica en el proyecto trevi, desde su inicio en febrero de 2022 hasta octubre de 2023.

Tabla 1 consumo energético proyecto Trevi

| Consumo de energía | | | | | |
|------------------------|------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------------|
| Periodo de facturación | | Consumo de energía | Contribucion | Tarifa kWh | Consumo de energía Pesos |
| Inicio | Fin | KWh | | | |
| 17/02/2022 | 19/03/2022 | 588,39 | 117,68 | \$ 2.720,00 | \$ 1.920.510,40 |
| 19/03/2022 | 21/04/2022 | 617,81 | 123,56 | \$ 2.400,00 | \$ 1.779.288,00 |
| 21/04/2022 | 20/05/2022 | 648,7 | 129,74 | \$ 2.960,00 | \$ 2.304.182,40 |
| 20/05/2022 | 20/06/2022 | 674,71 | 134,94 | \$ 2.720,00 | \$ 2.202.248,00 |
| 20/06/2022 | 21/07/2022 | 701,7 | 140,34 | \$ 3.230,00 | \$ 2.719.789,20 |
| 21/07/2022 | 22/08/2022 | 736,79 | 147,36 | \$ 3.280,00 | \$ 2.900.012,00 |
| 22/08/2022 | 20/09/2022 | 758,89 | 151,78 | \$ 3.280,00 | \$ 2.986.997,60 |
| 20/09/2022 | 19/10/2022 | 763,44 | 152,69 | \$ 1.520,00 | \$ 1.392.517,60 |
| 19/10/2022 | 19/11/2022 | 740,54 | 148,11 | \$ 1.520,00 | \$ 1.350.748,00 |
| 19/11/2022 | 20/12/2022 | 0 | 0 | \$ - | \$ 12.300,00 |
| 20/12/2022 | 20/01/2023 | 0 | 0 | \$ - | \$ 12.400,00 |
| 20/01/2023 | 17/02/2023 | | | \$ - | \$ 1.406.310,00 |
| 17/02/2023 | 21/03/2023 | 763,21 | 152,64 | \$ 1.600,00 | \$ 1.465.360,00 |
| 21/03/2023 | 19/04/2023 | 775,88 | 155,18 | \$ 1.680,00 | \$ 1.564.180,80 |
| 19/04/2023 | 23/05/2023 | 784,03 | 156,81 | \$ 1.680,00 | \$ 1.580.611,20 |
| 23/05/2023 | 21/06/2023 | 790,16 | 158,03 | \$ 1.680,00 | \$ 1.592.959,20 |
| 21/06/2023 | 21/07/2023 | 793,61 | 158,72 | \$ 1.680,00 | \$ 1.599.914,40 |
| 21/07/2023 | 19/08/2023 | 795,99 | 159,2 | \$ 8.240,00 | \$ 7.870.765,60 |
| 19/08/2023 | 20/09/2023 | 799,98 | 160 | \$ 4.640,00 | \$ 4.454.307,20 |
| 20/09/2023 | 20/10/2023 | 805,57 | 161,11 | \$ 4.240,00 | \$ 4.098.723,20 |
| Promedio | | 660,0 | 132,0 | \$ 2.453,50 | \$ 2.260.706,24 |

| | |
|---------------------|------------------|
| COSTO CONSUMO TOTAL | \$ 45.214.124,80 |
|---------------------|------------------|

Fuente: Elaboración propia

7.3. Desarrollo de simulación

Para iniciar con la simulación es necesario mencionar que existen dos distintos métodos para usar la energía eléctrica proveniente de las placas solares, la primera consiste en usar baterías de litio para el almacenamiento de energía y el segundo consiste en conectarse al sistema de red eléctrica nacional, cada uno de estos métodos tiene distintas propiedades y según sea el caso podría optarse por alguno de los dos.

Para este proyecto en específico se cumple con las condiciones óptimas para poder usar el método de conexión a la red de distribución, esto evidenciando que los puntos de conexión se encuentran a distancias no superiores a un kilómetro, también entendiendo que es una obra de construcción, necesita abastecimiento de energía de manera permanente y de alta calidad, al elegir el método de conexión a la red no se dependerá de la cantidad almacenada en las baterías sino del abastecimiento proveniente de la red del proveedor de energía local.

En Colombia la ley 1715 de mayo de 2014 regula la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional, su objetivo es promover el uso del uso de energías limpias, provenientes de fuentes de energías alternativas que usen recursos renovables, con esto lograr una reducción notable en el consumo de energías no renovables en el país.

El método de conexión a la red implica que la energía eléctrica generada por las placas solares se puede inyectar al sistema interconectado nacional, lo que permite compensar el consumo de energía de la obra de construcción y, en algunos casos, obtener un beneficio económico por la venta de excedentes de energía. Para ello, se

requiere contar con un contrato de conexión con el operador de red y un contrato de compraventa de energía con el comercializador de energía eléctrica. Además, se debe instalar un medidor bidireccional que registre la energía consumida y la energía inyectada a la red.

A continuación, se mencionan ventajas y desventajas de los dos modelos.

Tabla 2 Ventajas y desventajas entre sistema de conexión a la red y baterías de litio

| CONEXION A LA RED | | BATERIAS DE LITIO | |
|---|--|---------------------------------------|---|
| Ventajas | Desventajas | Ventajas | Desventajas |
| No tienen batería | No se puede alcanzar un 100 % de autoconsumo energético | Independencia energética | Las baterías son las piezas más caras de la instalación |
| No tienen regulación de carga | En los días nublados y durante la noche es imposible obtener energía | Ahorramos en la factura de la energía | La instalación con baterías tendría un coste elevado |
| La red eléctrica produce energía abundante y no hay que conservarla | | | La capacidad de las baterías |
| Reducen en gran medida la electricidad que usamos | | | |
| Se evidencia en un enorme ahorro en la factura de la energía | | | |

Fuente Elaboración propia

El método elegido para formular el estudio será el método de conexión a la red, bajo este lineamiento se desarrollará la actividad, hasta el momento de iniciar con esta investigación se podría evidenciar que se consumían en promedio 660 KWh al mes y adicional el proyecto debe dar una contribución que tiene un promedio de 132 KWh al

mes, para un total de 792 KWh al mes, lo ideal sería producir un poco más de lo consumido esto con el fin de obtener beneficios al momento de no consumir estas cantidades, o si al contrario hay escasez de luz solar y es necesario abastecerse 100% del sistema de interconexión nacional se haya pagado parte de este consumo por adelantado. Bajo la anterior premisa se hará el cálculo para las placas solares sobre 1000 KWh al mes.

7.4. Cálculos para dimensionar cantidad de placas solares

A continuación, se harán los cálculos necesarios para establecer qué cantidad de paneles solares serían necesarios según el consumo mensual del proyecto Trevi:

Teniendo el consumo mensual en 1000 kWh, es necesario convertirlo en consumo mensual en unidades de Wh, para esto se multiplica por 1000:

- $1000 \text{ kWh} \times 1000 = 1000000 \text{ Wh} - \text{Vatio hora}$

Posteriormente se calcula el consumo diario (Whd), para esto se divide el consumo mensual entre 30 días:

- $1000000 \text{ Wh} / 30 \text{ días} = 33333.3 \text{ Wh/d} - \text{Vatio hora/día}$

Aquí se debe involucrar la cantidad de horas de radiación solar diaria efectiva generada en la ciudad de Cartagena, la cual es de 5.4 horas de sol por día, según el portal de Solargis, que por ubicación geográfica asigna un valor de horas efectivas de sol. Teniendo este dato se divide el consumo diario entre la cantidad de horas efectivas, con esta operación se obtendrá la potencia que se requiere diariamente:

- $33333.3 \text{ Whd} / 5.4 \text{ h/día} = 6172.8 \text{ Wp}$

En el mercado no hay una placa solar con esta potencia, por lo que se propone instalar varios paneles para completar la cantidad requerida. En este caso se proponen paneles de 655 Wp, por seguridad y eficiencia de los paneles se maneja un margen de producción del 40%, con este dato se divide la potencia requerida (Wp) entre la potencia del panel a instalar (Wpi) multiplicada por el margen de producción (Mp). Con esto tendremos la cantidad de paneles a usar para cumplir con la expectativa de generación.

- $6172.8 \text{ Wp} / (655 \times 0.4) \text{ Wpi} \times \text{Mp} = 23.56 \text{ Paneles}$

Al redondear al número entero más cercano, se necesitan 24 paneles de 655 Wp para generar la energía eléctrica deseada. La potencia total del sistema sería:

- $655 \text{ Wp} \times 24 \text{ Paneles} = 15720 \text{ Wp}$

Para esto se necesitarían 3 inversores aislados híbridos multifuncionales de 10000 W, que son los que permiten conectar el sistema fotovoltaico a la red eléctrica.

7.5. Presupuesto de equipos requeridos

Para haber generado la energía consumida en el proyecto Trevi usando placas solares, midiendo desde el inicio de ejecución hasta el mes de octubre del año 2023, momento donde se hace recopilación de datos se estima una inversión de \$66'064.380. a continuación, se presenta una relación de los valores:

Figura 5 Equipos requeridos

| EQUIPOS REQUERIDOS | | | | |
|--------------------------|----|----------|------------------------------|----------------------|
| Descripción | UM | Cantidad | Precio en el mercado con iva | Precio total |
| Panel de 655 w | un | 24 | \$ 1.404.200 | \$ 33.700.800 |
| inversor hibrido 10000 w | un | 3 | \$ 7.727.860 | \$ 23.183.580 |
| Cableado solar | gl | 1 | \$ 2.000.000 | \$ 2.000.000 |
| Estructura metalica | un | 10 | \$ 98.000 | \$ 980.000 |
| Mano de obra | gl | 1 | \$ 6.200.000 | \$ 6.200.000 |
| COSTO TOTAL | | | | \$ 66.064.380 |

Fuente: Elaboración propia

7.6. Resultado de la investigación

Resolviendo el interrogante propuesto como problema de investigación, el cual es el siguiente: ¿es buena inversión implementar sistemas de producción de energía solar en obras de construcción? Para esto se eligió una obra ubicada en la ciudad de Cartagena, la cual consumió aproximadamente 1000 kWh al mes en sus primeros 20 meses de ejecución, con un costo de aproximadamente 45 millones de pesos colombianos.

Con estos datos se calculó la cantidad y tipo de placas solares necesarias para satisfacer la demanda energética del proyecto, lo cual dio un resultado de 24 placas de 655 Wp, este sería un sistema conectado directamente a la red de interconexión nacional, esto arrojó un costo aproximado de 66 millones de pesos colombianos, según el cálculo realizado en el texto anterior.

Aunque el aparente costo de inversión que se presenta para la obtención e instalación de equipos necesarios para un sistema de placas solares es evidentemente más elevado que lo consumido hasta el momento, es importante mencionar que aún queda por ejecutar más del 60 % del proyecto, lo que a simple vista deja evidenciar que estos gastos se podrían duplicar. Por otro lado, el sistema escogido permite hacer venta

de energía al proveedor (Afinia), con esto se podrían obtener ingresos adicionales, cuando por parte de la obra no se esté haciendo ninguna actividad.

Para evaluar si es buena inversión implementar sistemas de producción de energía solar en obras de construcción, se debe realizar un análisis de costo-beneficio, que consiste en comparar los costos y los beneficios asociados a la implementación del sistema fotovoltaico, tanto en el corto como en el largo plazo. Los costos incluyen la inversión inicial, el mantenimiento, la operación y la depreciación del sistema. Los beneficios incluyen el ahorro de energía, la venta de excedentes, la reducción de emisiones y la mejora de la imagen y la reputación.

8. Estrategias para realizar una transición eficiente

Aunque las tecnologías relacionadas con la generación de energías fotovoltaicas aún se encuentran en constante desarrollo y aún hay falencias, se ha demostrado que usando de manera estratégica factores como ubicación geográfica se podría llegar a obtener beneficios económicos considerables. incluir un ítem que involucre la posibilidad de usar placas solares en proyectos desarrollados en ciudades como Cartagena podrá abrir la posibilidad a nuevos escenarios.

Iniciar con suplir pequeños porcentajes de consumo de energía eléctrica, permitirá que se involucre poco a poco y en mayor cantidad la participación de energías alternativas, a medida que se aumenta la oferta y calidad de las tecnologías.

Aplicar conceptos de economía circular en todos los procesos constructivos aumentara eficiencia energética, económica y en tiempos en obra, ya hay casos de éxito conocidos, como lo es el edificio Ean legacy, en la ciudad de Bogotá, el cual se desarrolló bajo la filosofía “cradle to cradle” y gracias esto obtuvo certificación LEED nivel ORO.

9. Análisis y discusión de resultados

Se evidenció que en el proyecto Trevi el consumo promedio de energía mensual se encuentra alrededor de los 660 kWh al mes, en pesos equivale a \$2'260.706, para los 20 meses de ejecución tuvo un costo total de \$45'214.124.

Al hacer el ejercicio matemático de calcular cuánto se debería invertir para lograr satisfacer la demanda de energía que ha tenido el proyecto hasta la recolección de datos se obtuvo un valor de \$66'064.000, según el cálculo realizado en el texto anterior. En teoría este sería un valor más elevado que el costo total que se ha presentado por el suministro de energía proveniente del operador local, pero teniendo en cuenta que aún quedan aproximadamente 16 meses de actividades en obra, se podría estimar según el comportamiento del consumo que el gasto de suministro de energía convencional sobrepase el costo de los equipos requeridos para usar un sistema de producción de energía usando placas solares.

Además, al usar un sistema de producción de energía solar, el proyecto Trevi podría obtener otros beneficios, como la venta de los excedentes de energía al operador local, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero y la mejora de la imagen y la reputación de la empresa constructora. Estos beneficios se podrían cuantificar mediante un análisis de costo-beneficio, que compararía los costos y los beneficios asociados a la implementación del sistema fotovoltaico, tanto en el corto como en el largo plazo. Para realizar este análisis se podrían utilizar indicadores financieros como el valor presente neto (VPN), la tasa interna de retorno (TIR) y el periodo de recuperación de la inversión (PRI), que permiten determinar la rentabilidad y la viabilidad del proyecto. Estos

indicadores dependen de variables como la tasa de descuento, el horizonte de evaluación, el costo de oportunidad y la inflación. Para calcular estos indicadores se puede utilizar un software especializado como Excel o MATLAB.

El uso de sistemas fotovoltaicos en obras de construcción tiene un impacto positivo en el medio ambiente y en la economía, ya que se reduce el consumo de energía de la red, se disminuye la emisión de gases de efecto invernadero y se genera un ahorro significativo en el costo de la energía. El estudio concluye que la implementación de sistemas fotovoltaicos en obras de construcción es una buena inversión, siempre y cuando se cumplan ciertas condiciones, como la existencia de incentivos fiscales, la adecuada selección de los equipos, la correcta instalación y el óptimo mantenimiento del sistema.

10. Conclusiones

Las energías verdes o renovables son la principal herramienta para mitigar los costos económicos, ambientales y sociales generados por la obtención y uso de energías convencionales o no renovables. Estas energías aprovechan los recursos naturales que son inagotables, como el sol, el viento, el agua y la biomasa, y no producen emisiones contaminantes ni residuos peligrosos. Además, estas energías fomentan el desarrollo local, la generación de empleo, la diversificación energética y la seguridad del suministro.

El costo de inversión en sistemas de producción de energía alternativa suele ser bastante elevado, lo que hace que se dificulte un poco su obtención y se prefiera usar sistemas tradicionales. Sin embargo, este costo se puede amortizar en el largo plazo, ya que los sistemas de producción de energía alternativa tienen una larga vida útil, requieren poco mantenimiento y pueden beneficiarse de incentivos fiscales y subvenciones. Además, el costo de los equipos y componentes de estos sistemas ha disminuido en los últimos años, gracias al avance tecnológico y a la mayor demanda del mercado.

Es necesario que aumenten los beneficios e incentivos para las empresas de construcción que utilicen metodologías verdes en sus proyectos, ya que en esta industria se consume gran parte de la energía producida a nivel global, así mismo en esta industria se busca reducir tanto costos como tiempos de ejecución, sería solo un plan de coordinación de esfuerzos. Al implementar sistemas de producción de energía alternativa en las obras de construcción, las empresas podrían ahorrar en el consumo de energía de la red, vender los excedentes de energía, reducir el impacto ambiental y mejorar su imagen y reputación. Para ello, se requiere una mayor conciencia ambiental, una adecuada capacitación, una correcta planificación y una óptima gestión de los proyectos.

11. Referencias

1. Sánchez-Hernández, K y Zúñiga-Casallas, M. (2021). Evaluación de costo – beneficio sobre la implementación de paneles solares en proyectos de construcción en la ciudad de Bogotá, Colombia. Universidad Católica de Colombia.
2. Vélez, J. B. (2021). *Propuesta para la instalación de paneles solares en una grúa torre para la alimentación de luminarias en una obra civil*. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/10654/39179>.
3. Niño, 2023 *Eficiencia energética en construcción: óptimo consumo de energía 2023*, https://www.en-obra.com/es/noticias?tags=185&items_per_page=9
4. Fuentes No Convencionales de Energía Renovable -FNCER <https://www.minenergia.gov.co/es/misional/fuentes-no-convencionales-de-energ%C3%ADa-renovable-fncer/#:~:text=La%20Ley%201715%20de%202014,y%20no%20se%20comerciali%20ampliamente>.
5. Ley 1715 de 2014 <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=57353>
6. ¿Cuántos kWh puede producir un panel solar? <https://autosolar.pe/aspectos-tecnicos/cuantos-kwh-puede-producir-un-panel-solar>

7. El profe chris – abril 2023. Como calcular las horas pico de sol HSP Fácil!!! para paneles solares 2023 https://www.youtube.com/watch?v=bM19A_LMnwA
8. <https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion/calculo-placas-solares>
<https://selectra.es/autoconsumo/info/instalacion/calculo-placas-solares>
9. Solargis <https://apps.solargis.com/prospect/map?show-registration=1&c=10.555322,-75.910034,8&s=10.40981,-75.473068>
10. Resolución 030 de 2018 CREG <https://www.enel.com.co/content/dam/enel-co/espainformacion/personas/1-11-9-resolucion-creg-030/Resolucion-CREG-030-2018.pdf>
11. Atlas ideam <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>