

**Guía de interventoría administrativa para la implementación de sistemas fotovoltaicos,
aplicados a proyectos de construcción en la región caribe colombiana durante el periodo
2020-2021 en Colombia**

Hugo Gaspar Hernández Palma, Francisco Javier Pinto Torres

**Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Interventoría y Supervisión de la
Construcción**

Director

Raúl Omar Di Marco Morales

Doctor en Administración

Universidad Santo Tomás, Bucaramanga

División de Ingenierías y Arquitectura

Especialización en Interventoría y Supervisión de la Construcción

2022

Dedicatoria

Especialmente dedicado a nuestro núcleo familiar que ha sido un apoyo incondicional en este proceso de aprendizaje, gracias a ellos que han creído de forma incondicional en nuestras capacidades de superación, gracias a nuestros docentes por ser un pilar fundamental en esta etapa de aprendizaje.

Contenido

Introducción.....	10
1. Guía de interventoría administrativa para la implementación de sistemas fotovoltaicos, aplicados a proyectos de construcción del sector salud en la región Caribe colombiana durante el periodo 2020-2021 en Colombia.....	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Justificación.....	14
1.3 Objetivos	17
1.3.1 Objetivo general	17
1.3.2 Objetivos específicos.....	17
2. Marco referencial	18
2.1. Marco conceptual	18
2.2 Marco legal.....	24
2.3 Estado de arte	29
3. Método	30
3.1 Cronograma de actividades	33
3.2 Presupuesto para la ejecución de actividades.....	34
4. Resultados.....	35
4.1 Proyectos de construcción con sistemas fotovoltaicos en la región caribe colombiana 2020 – 2021.....	35
4.2 Caracterización general de los proyectos	36
4.3 Estudios técnicos de los proyectos	38
4.3.1 Análisis DOFA sistemas fotovoltaicos.....	39

4.4 Procesos de interventoría administrativa.....	44
4.4.1 Asignación de recursos.....	44
4.4.2 Ejecución de obras.....	44
4.4.3 Supervisión del uso de materiales	46
4.4.4 Seguimiento y control.....	48
4.5 Guía de interventoría administrativa para la aplicación en los proyectos de construcción que utilicen sistemas fotovoltaicos.	54
4.5.1 Iniciación del proyecto	55
4.5.2 Normatividad vigente	58
4.5.3 Estudios técnicos	59
4.5.4 Estudios financieros.....	60
4.5.5 Estudios Ambientales	60
4.5.6 Evaluación del proyecto	61
4.5.7 Seguimiento y control.....	61
4.5.8 Mantenimiento preventivo del sistema.....	62
4.5.9 Formato de Supervisión Periódico del sistema fotovoltaico	65
4.5.10 Formato de Supervisión de Convenios de obra.....	65
4.5.11 Formato de Supervisión especificaciones técnicas de obra.....	67
4.5.12 Formato de Supervisión instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red...	68
4.5.13 Formato de Supervisión actividades en seguridad y salud ocupacional.....	70
5. Conclusiones	72
Referencias.....	74
Apéndices.....	82

Lista de Tabla

Tabla 1. <i>Presupuesto para la ejecución de actividades</i>	34
Tabla 2. <i>Proyectos de construcción con sistemas fotovoltaicos ejecutados en la región caribe colombiana durante el periodo 2020 – 2021.</i>	35
Tabla 3. <i>Análisis DOFA sistemas fotovoltaicos</i>	39
Tabla 4. <i>Caracterización de proyectos</i>	40
Tabla 5. <i>Ficha Técnica de supervisión periódica del sistema fotovoltaico</i>	65
Tabla 6. <i>Ficha técnica de supervisión de convenios de obra</i>	65
Tabla 7. <i>Ficha técnica de supervisión especificaciones técnicas de obra</i>	67
Tabla 8. <i>Ficha técnica de supervisión instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red</i>	68
Tabla 9. <i>Ficha técnica de supervisión actividades en seguridad y salud ocupacional</i>	70

Lista de figuras

Figura 1 <i>Potencial eléctrico fotovoltaico en Colombia</i>	20
Figura 2 <i>Esquema de un sistema fotovoltaico.</i>	22
Figura 3. <i>Cronograma de actividades</i>	33
Figura 4. <i>Asignación de recursos.</i>	44
Figura 5. <i>Flujo de dimensionamiento del sistema.</i>	56

Lista de Apéndices

Apéndice A. <i>Iniciación del proyecto.</i>	82
Apéndice B. <i>Caracterización de la demanda energética</i>	83
Apéndice C. <i>Verificación de estudios técnicos, financieros y ambientales.</i>	84
Apéndice D. <i>Evaluación del proyecto.</i>	85
Apéndice E. <i>Seguimiento y control.</i>	86
Apéndice F. <i>Formato de Supervisión Periódico.</i>	87

Resumen

En el presente trabajo, se busca realizar un análisis e identificación de los procesos de interventoría integral, es decir: financiera, técnica, administrativa y ambiental, de cinco (5) contratos públicos ejecutados en la región caribe colombiana para la ejecución de sistemas de energía solar fotovoltaica en zonas conectadas y no interconectadas a la red. Del mismo modo, se expone un resumen detallado sobre la normatividad legal vigente que regulan los temas de interventoría y la utilización de diferentes fuentes de energía no convencionales renovables en Colombia. Como resultado, se desarrolla una guía estructurada paso a paso con las acciones de interventoría que se deben llevar a cabo en cada etapa de la obra: durante el inicio, la ejecución y la entrega. Lo anterior con el fin de aportar un documento que sirva de soporte a los profesionales que deseen realizar supervisión en obras que implementen sistemas fotovoltaicos; pues si bien dichos sistemas traen grandes beneficios socio económicos y ambientales, no es fácil encontrar información disponible y detallada para realizar interventoría a estos procesos.

Palabras clave: interventoría integral, construcción, sistema fotovoltaico, guía técnica, seguimiento y control

Abstract

This paper seeks to analyze and identify the comprehensive auditing processes, i.e., financial, technical, administrative, and environmental, of five (5) public contracts executed in the Colombian Caribbean region for the implementation of solar photovoltaic energy systems in areas connected and not interconnected to the grid. Likewise, a detailed summary of the current legal regulations governing the issues of auditing and the use of different non-conventional renewable energy sources in Colombia is presented. As a result, a structured step-by-step guide is developed with the auditing actions that must be carried out at each stage of the work: during the beginning, execution and delivery. The above in order to provide a document to support professionals who wish to supervise works that implement photovoltaic systems, because although these systems bring great socio-economic and environmental benefits, it is not easy to find available and detailed information to perform auditing of these processes.

Keywords: comprehensive inspection, construction, photovoltaic system, technical guide, monitoring and control

Introducción

Según cifras oficiales del Banco Mundial, el planeta ha triplicado su número de habitantes en los últimos setenta años (1950-2020), alcanzando un pico de 7.9 billones de personas y, proyectando un total de 9.7 billones para el año 2050 (Banco Mundial, 2020). Con dicho incremento poblacional viene intrínseco el aumento de la demanda energética mundial, bien sea para la producción de alimentos, transporte, industria, etc.

Lo anterior, sumado a la actual crisis ambiental que es prioridad en todas las naciones, dada la urgencia que supone la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero para la mitigación de los efectos generados por el climático en el mundo y así garantizar que los seres vivos de este planeta tierra puedan sobrevivir; ha llevado a que cada vez tomen más fuerza las energías renovables como mejor opción para abarcar la demanda energética creciente y además de ofrecer el servicio de energía eléctrica a las comunidades aisladas que en la red de suministro eléctrico no se encuentren conectadas (Rodríguez, et ál., 2018).

Entre las fuentes de energía renovable en el mundo, dominan las fuentes de energía solar y eólica. Juntas, estas dos capacidades representan el 90 % de la capacidad renovable total instalada en 2019. 586 GW de energía solar representan un aumento del 20 % y 623 GW de energía eólica un 10 % (ONU, 2020). La exposición a la radiación de Colombia supera el promedio mundial, lo que tiene un efecto positivo en el potencial solar fotovoltaico del país. Esta radiación muestra concentraciones más altas a lo largo de las costas del Atlántico y el Pacífico. La media es de 4,5 kWh/m²/día, superior a la media mundial de 3,9 kWh/m²/día y superior a la de Alemania (3,0 kWh/m²/día), el país que más energía consume (Fondo de Inclusión Social Energético, 2019; Manotas, 2021).

Actualmente, la planta de energía renovable más grande del país está ubicada en la provincia del Cesar de la región Caribe de Colombia, con una capacidad instalada de 86,2 MW, equivalente al 80% de la capacidad instalada de energía solar en el país (Fondo de Inclusión Social Energético, 2019). Así, el gran potencial de la región para el desarrollo de proyectos solares fotovoltaicos contribuye a reducir la huella de carbono y las emisiones de gases de efecto invernadero del país, en línea con los acuerdos ambientales globales (Martínez et ál., 2019; Palma y Ibarra, 2020).

No obstante, según Contreras et al (2020) la implementación de estos sistemas en Colombia, al no ser una tecnología ampliamente utilizada, aún presenta ciertas dificultades técnicas, administrativas y financieras a la hora de ejecutar los proyectos arquitectónicos que implique la instalación de dichos sistemas. Con esto, es de vital importancia que antes, durante y después de realizar un proyecto de esta índole, se cuente con un supervisor o interventor experto tanto en la normatividad legal vigente que administra la interventoría en Colombia y la utilización de fuentes de energía renovables, como en la instalación, puesta en marcha y mantenimiento de los diferentes componentes de los sistemas fotovoltaicos (Palma y Niebles, 2020).

A su vez, teniendo en cuenta que, el objetivo de la interventoría de obras es garantizar la culminación exitosa de un proyecto mediante el seguimiento y control de los aspectos fundamentales, contar con un instrumento tipo Checklist, (lista de chequeo) que simplifique y dirija las actividades de los interventores, constituye un gran aporte al gremio no solo de arquitectos, sino demás profesionales que ejerzan el papel de supervisores en proyectos de implementación de sistemas fotovoltaicos. Por otra parte, toda acción que conlleve a estimular la utilización de fuentes de energía renovables con esfuerzos para cumplir las metas ambientales trazadas a nivel mundial.

1. Guía de interventoría administrativa para la implementación de sistemas fotovoltaicos, aplicados a proyectos de construcción del sector salud en la región Caribe colombiana durante el periodo 2020-2021 en Colombia

1.1 Planteamiento del problema

El cambio climático es indiscutiblemente uno de los temas más relevantes y urgentes en las agendas de todas las naciones; debido a que es una emergencia mundial que exige soluciones eficaces y duraderas (Hernández et ál., 2020; García et ál., 2022). Entre las acciones a tomar para frenar dicha crisis ambiental el tema energético cumple un papel importante, puesto que gran parte de la electricidad y los combustibles que mueven actualmente al mundo se derivan de los compuestos más conocidos como el carbón, el gas y el petróleo (Rodríguez, et ál., 2018).

Con lo anterior, vislumbrando la creciente necesidad de utilizar fuentes de energía renovables, la utilización de la energía solar, por medio de paneles fotovoltaicos instalados, se considera una de las opciones más viables, en términos técnicos y financieros, para lograr disminuir el cambio climático (Palma, et ál., 2020). Tanto así que, en todo el mundo, son muchos los países que utilizan esta fuente de energía solar para disminuir el consumo de energía eléctrica con excelentes resultados (Botero et al., 2021; Niebles et ál., 2022).

De hecho, los sistemas fotovoltaicos se han convertido en una forma eficiente de generar electricidad, especialmente en zonas con buena radiación (Wahyuni, et ál, 2015), Como la costa caribeña de Colombia, que permite un uso más frecuente de los sistemas fotovoltaicos debido a la instalación simple y los bajos costos de mantenimiento posteriores (Abella, 2016).

No obstante, implementar un sistema fotovoltaico no es fácil debido a que los requerimientos de los procesos técnicos de su instalación dependen de muchos factores o variables que no sólo aumentan los costos económicos, sino que también pueden variar en potencia y en

tiempo de mantenimiento, situación que aumenta si lo realiza una persona con poca experiencia y capacitación, aumentando los riesgos de daño de los equipos.

Toda propuesta de instalación de paneles fotovoltaicos conlleva un plan de acción que oriente la respectiva concretización de los diferentes requisitos establecidos en la norma y que dé respuesta efectiva a los requerimientos energéticos de la obra arquitectónica donde se instalarán. Este plan no sólo debe cubrir la instalación, sino también el mantenimiento del sistema instalado, así como el afrontamiento de las contingencias por los riesgos que pueden presentarse.

De allí, que la figura de la interventoría cobra gran importancia en las organizaciones debido a la eficiencia que se debe presentar en el resultado final de un proyecto, el cual se convierte en el objetivo clave para garantizar el éxito de este. En este sentido, se entiende por interventoría, las funciones de control, revisión y supervisión de cada una de las etapas existentes en la realización de un proyecto, de manera permanente y efectiva, cumplir con los requisitos normativos y técnicos, regulatorios, legales y financieros. Este proceso debe ser realizado por un profesional capacitado, que puede actuar como en representación de una persona jurídica o a título personal que funge como parte garante del cumplimiento de un proyecto no sólo en las condiciones que establece un contrato sino también en la parte técnica y normativa (Silva, 2020).

Por lo general ningún plan es infalible, dada la incidencia de múltiples factores que pueden afectar el cumplimiento efectivo del plan trazado, razón por la cual, se hace necesario tener una lista de chequeo (checklist) o ficha de control que permita verificar la correcta instalación del sistema fotovoltaico que maximice el potencial energético generado para la obra y facilite la interventoría de la ejecución de proyectos de este tipo.

Actualmente no existe un documento de este tipo que oriente la ejecución de la instalación de paneles fotovoltaicos, siendo una idea totalmente innovadora, debido a que las construcciones

trabajan normalmente con sistema de luz eléctrica, mientras que son pocos los proyectos de construcción que trabajan con este sistema.

En virtud de lo expuesto, teniendo en cuenta que en Colombia ciudades como Barranquilla, se perfilan como las ciudades con mayor índice de potencial para el aprovechamiento de la energía solar, con un promedio estimado de 200 días de radiación solar, lo cual puede generar alrededor de 600 kilovatios por hora al día (kWh/día) (Paredes, 2019). Además, la capital del Atlántico ya se encuentra realizando obras que contemplan la instalación en varios puntos de paneles solares en más de 300 edificios públicos del Distrito, entre hospitales, escenarios deportivos, mercados, CAI, bibliotecas, etc. (Alcaldía de Barranquilla, 2022).

El presente estudio se delimita a analizar los procesos de interventoría administrativa llevados a cabo en edificaciones del sector salud que cuenten con sistemas fotovoltaicos con todas las certificaciones exigidas por la normatividad vigente en la ciudad de Barranquilla (Atlántico), durante el periodo que comprende los años 2020 y 2021.

Así, se plantea como interrogante:

¿Qué aspectos deben considerarse para el análisis de los procesos de interventoría administrativa ejecutados en los proyectos de construcción de edificaciones en la instalación de sistemas fotovoltaicos?

1.2 Justificación

Con la densa población y el desarrollo industrial de las últimas décadas, la demanda energética nacional e internacional está aumentando, causando problemas económicos, sociales y ambientales. Una posible solución para satisfacer esta demanda y reducir los problemas asociados a la generación eléctrica en la actualidad es utilizar la energía solar fotovoltaica, ya que el sol es una fuente inagotable de energía limpia y renovable.

Colombia tiene un buen potencial de radiación solar en todo su territorio, especialmente en la costa atlántica y los llanos orientales, y puede aprovechar esta energía a través de diversas tecnologías. Sin embargo, debido al costo inicial y al desconocimiento de la fuente de esta generación, este no es incentivo suficiente para que las personas naturales y jurídicas destinen recursos a este tipo de actividad (Gómez, et ál., 2017).

Dada esa situación, el desarrollo de este estudio se basa principalmente en una perspectiva social, en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), es decir, económicos, sociales y ambientales con un plazo de cinco años 2030 (PNUD, 2015).

Desde enfoque, la investigación se fundamenta en los siguientes ODS:

- ODS 7, Energía accesible y sin contaminar. Acelerar la inversión en fuentes de energía como la energía solar para mejorar la producción de energía ya que se debe ampliar la infraestructura y la tecnología para obtener energía limpia que estimule el crecimiento y proteja el medio ambiente.
- ODS 9, Industria, innovación e infraestructura. En este apartado se reconoce que la infraestructura y la innovación son factores relevantes en el crecimiento y desarrollo económico, por lo que promueve soluciones permanentes en transporte, uso de energías renovables, así como la creación e industrias que promuevan el desarrollo tecnológico.
- ODS 11, comunidades y Ciudades sustentable. Partiendo de la proyección demográfica mundial para el año 2050, se requiere de acciones que promuevan el desarrollo sostenible de las ciudades para garantizar acceso a servicios públicos de calidad (agua, energía, alcantarillado, etc.) que mejore la sanidad de los asentamientos humanos.

- ODS 12, Producción y consumo responsable. Este objetivo a menudo alienta a las personas a reducir su huella ecológica a través de cambios continuos en la forma en que se producen y consumen los bienes y recursos.

En segundo lugar, tiene sentido desde el punto de vista económico porque, según la Agencia Internacional de Energía (AIE), la energía solar fotovoltaica es mucho más barata que la energía solar debido a las centrales eléctricas de carbón o gas en la mayoría de los países productores. Sin embargo, aunque la energía hidroeléctrica sigue siendo la mayor fuente de energía renovable, el número de instalaciones solares está aumentando (Semana, 2020).

Esta visión es compartida por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), que reconoce que la energía solar es la fuente de energía de más rápido crecimiento en el mundo y estima que para 2040 proporcionará más del 30% de la energía mundial.

El tercer ejemplo corresponde al aspecto legal de que Colombia abandonó la generación de energía a partir de combustibles fósiles como el carbón, el petróleo y el gas natural en los términos del Acuerdo de París sobre cambio climático adoptado en 2015. Por lo tanto, en la Ley N° 1715 de 2014, se establecieron exenciones tributarias. Establecido para empresas que promuevan el desarrollo de nuevas tecnologías, utilicen fuentes únicas de energía renovable y creen un ambiente ideal para el desarrollo de grandes y pequeños proyectos que se convertirán en el estandarte del país (Celsia, 2018).

Por ello, es necesario diseñar un tablero de control que facilite el análisis de los procesos técnicos involucrados en la implementación de la instalación de paneles fotovoltaicos, ya que estadísticas de la Secretaría de Planeación de la Producción de Energía (UPME) muestran que el 88.3% de las iniciativas reportadas son solares. relacionados, de los cuales 10 se proponen usar paneles solares, un 32% más desde julio hasta noviembre de 2017.

Asimismo, diversos documentos emitidos por el Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES) afirman la necesidad de implementar medidas y estrategias de mitigación y adaptación para ahorrar recursos y energía. Este es el caso del CONPES 3919, que presenta varios aspectos de la política de construcción sostenible de un país, incluido el programa de construcción de usos múltiples del Caribe, que tiene como objetivo mejorar la eficiencia energética a través del reemplazo de equipos y la capacitación y autoimplementación de Buenas Prácticas Operativas donde se utilicen paneles solares en instituciones públicas cuando sea posible.

Todos los documentos anteriormente citados justifican el desarrollo de la presente investigación, que apunta a convertirse en un referente para la implementación de la instalación de paneles fotovoltaicos, que permita la reducción de riesgos en las construcciones de edificaciones.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Elaborar una guía de interventoría administrativa aplicada a proyectos de construcción que implementen sistemas fotovoltaicos aplicados a proyectos de construcción en la región caribe colombiana durante el periodo 2020-2021.

1.3.2 Objetivos específicos

- Describir los proyectos de construcción que implementen sistemas fotovoltaicos realizados en el periodo 2020 – 2021 en la región caribe colombiana.
- Identificar los procesos de interventoría administrativa ejecutados en proyectos de construcción que implementen sistemas fotovoltaicos realizados en el periodo 2020 – 2021 en la región caribe colombiana.

- Determinar y especificar los elementos básicos de la lista de chequeo, que debe tener la guía de interventoría administrativa para la aplicación en los proyectos de construcción que utilicen sistemas fotovoltaicos.

2. Marco referencial

2.1. Marco conceptual

Ha diversos conceptos entre los investigadores respecto a qué se entiende por marco teórico.

Energía solar, como su nombre lo indica, la energía solar es aquella proveniente del sol; el cual está compuesto casi 3/4 de su masa por hidrógeno y el resto de helio; por ende, la energía que genera se produce de la fusión nuclear de ambos elementos (Foro Nuclear, 2022).

Desde el punto de vista energético, la energía solar es una de las fuentes renovables cuya instalación, gestión y uso es más accesible para las personas, o las empresas. Dependiendo de su procedencia y cómo es procesada, existen diferentes tipos de energía solar:

Energía solar térmica, el sistema utiliza el calor proporcionado por el sol para convertir la radiación solar en calor para calentar un líquido que se puede utilizar para diferentes propósitos, como calefacción o agua caliente. Cuando se trata de plantas de energía solar, hay que distinguir dos tipos: centrales térmicas, turbinas que calientan líquidos para producir vapor y transmiten electricidad para generar electricidad, y parques fotovoltaicos que predominan en la reacción de conversión de la luz en el electrón por medio del silicio (BBVA, 2022).

Energía solar fotovoltaica, gracias a este tipo de energía se puede obtener electricidad directamente de la radiación solar. Proviene del sol y es una fuente renovable, inagotable e inagotable de energía libre de contaminación producida por instalaciones equipadas con paneles

solares fotovoltaicos. La gran ventaja de esta tecnología es su modularidad: los paneles se pueden utilizar para uso personal o alimentar la red de una gran fábrica (BBVA, 2022).

Energía solar pasiva, utiliza energía solar directamente sin conversión. Por lo tanto, no es necesario utilizar ningún dispositivo eléctrico para convertir una corriente en otra y almacenar energía, como ocurre con los otros dos tipos de energía activa explicados anteriormente (BBVA, 2022).

En Colombia, La Región Caribe es reconocida por ser una de las de mayor potencial energético en la Nación, pues incluye tanto fuentes convencionales (carbón) como renovables (eólica y solar). La radiación solar media en la región es de 4.6 kWh/m²/d; según lo reportan los mapas generados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia, IDEAM, (Figura 1).

La generación eléctrica solar fotovoltaica en el Caribe ha tenido una gran expansión en los últimos años y actualmente se están instalando alrededor de 220 proyectos con capacidad de más de 2900 MW en el departamento del Cesar en granjas solares, mientras se desarrollan alrededor de 220 proyectos de autogeneración a diversa escala, con una capacidad total de generación de 2800 MW (Cabello Eras, 2021).

Figura 1 *Potencial eléctrico fotovoltaico en Colombia*

Nota: el gráfico representa el potencial eléctrico fotovoltaico Colombia 2018. Adaptada de The World Bank, Solar resource data: Solargis (2017).

Sistemas fotovoltaicos, los sistemas fotovoltaicos convierten la luz solar en electricidad sin utilizar un motor térmico. La base teórica de la tecnología fotovoltaica es el principio del efecto fotoeléctrico, observado por primera vez por Edmonds Becquerel en 1839. Sin embargo, se necesitarán 50 años para fabricar células fotovoltaicas y ponerlas en práctica (Salamanca, 2017).

Este tipo de energía se basa en el efecto fotoeléctrico, por el cual ciertos materiales absorben fotones y liberan electrones, creando así una corriente eléctrica. Este proceso utiliza un dispositivo semiconductor llamado celda fotovoltaica, que generalmente está hecho de silicio u otros materiales semiconductores de película delgada. El silicio monocristalino tiene la eficiencia

más alta, que va del 18 % al 20 %. Los de poli silicio son más baratos, con una eficiencia media del 16% al 17,5%. Por último, los fabricados con silicio amorfo tienen una eficiencia media del 8% al 9% y también son más económicos (Iberdrola, 2022).

Existen dos tipos de plantas fotovoltaicas: las conectadas a la red y las no interconectadas. Dentro de las primeras existen otras dos clases:

Central fotovoltaica, como su nombre lo indica, toda la energía producida por los paneles se inyecta a la red eléctrica.

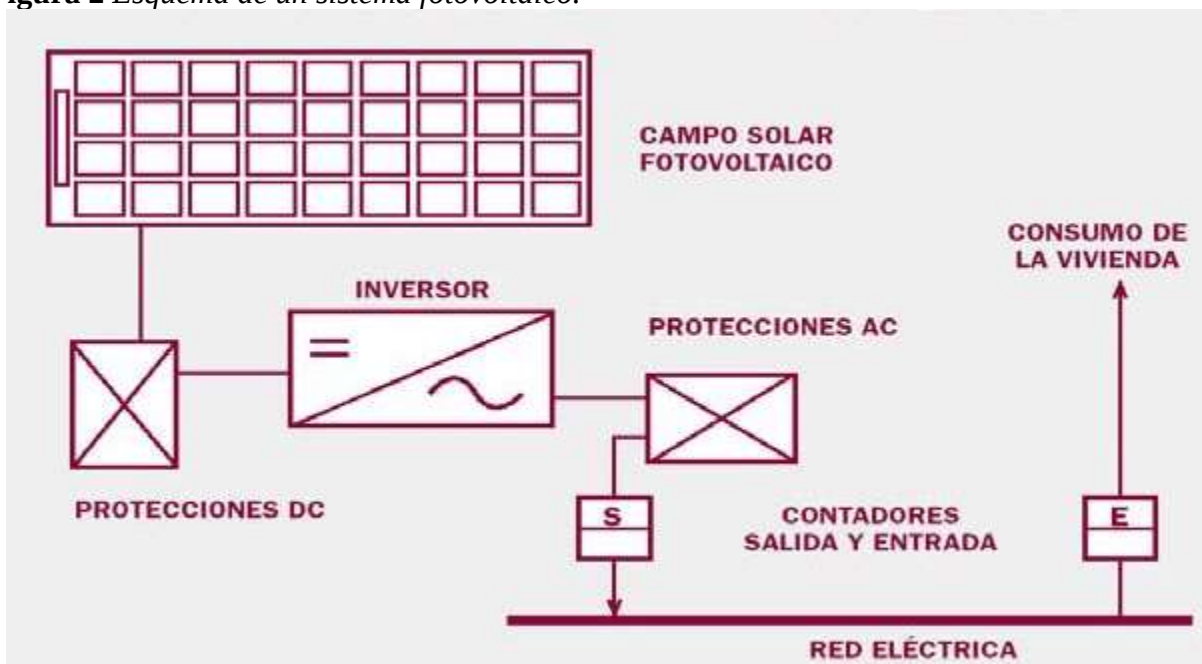
Generador con autoconsumo, una parte de la electricidad producida es consumida por el productor y otra parte es inyectada a la red. Del mismo modo, cuando un aparato no puede suministrarle la potencia suficiente, el fabricante extrae de la red la energía necesaria para satisfacer su demanda.

Las instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red cuentan como mínimo con los siguientes tres elementos:

Paneles fotovoltaicos, son agrupaciones de celdas fotovoltaicas instaladas entre capas de silicio cuya función es captar la radiación solar y transformar fotones en electrones.

Inversores, convierten la corriente eléctrica continua producida en los paneles en corriente alterna.

Transformadores, eleva la tensión de la corriente alterna generada por los inversores, de 380-800 V hasta 36 kV. En la Figura 2. Se ha propuesto un esquema básico de sistemas fotovoltaicos conectados a red, cuyas principales aplicaciones son los parques fotovoltaicos, las centrales y los edificios fotovoltaicos. Puedes ver que los módulos fotovoltaicos reciben la radiación solar, la convierten en electricidad continua, y luego el inversor toma esta corriente, la convierte en corriente alterna y la alimenta a la red para su distribución (Apruzzese, 2008).

Figura 2 Esquema de un sistema fotovoltaico.

Nota: la imagen representa un esquema de un sistema fotovoltaico conectado a la red. Tomado de Apruzzese (2008).

Por otra parte, las instalaciones no conectadas a la red operan aisladas y generalmente se encuentran en zonas rurales no interconectadas. Estas plantas requieren dos elementos adicionales para funcionar (DNP, 2020):

Baterías, almacenan la energía producida por los paneles y no consumida al instante para cuando sea demandada.

Reguladores, protegen la batería de sobrecargas y previenen además un uso poco eficiente de esta.

Interventoría y Supervisión Técnica, la supervisión de la construcción es un conjunto de actividades requeridas para controlar, monitorear y apoyar el desarrollo de los contratos de construcción para garantizar que los contratos de construcción se ejecuten y cumplan adecuadamente. Lo anterior incluye actuar dentro de los plazos establecidos, y las normas y reglamentos aplicables en cuanto a calidad, tiempo y costo (Silva, 2020).

Del mismo modo, la supervisión de la ingeniería de construcción es la verificación de la ejecución del proyecto, especialmente durante la fase de ejecución. Además, se encarga de validar los planos, diseños y especificaciones desarrollados por los ingenieros industriales y proyectistas responsables del diseño.

Las principales funciones de la interventoría, supervisión y control técnico son:

- Evaluar la ejecución de los planos asignados a la obra.
- Controlar las especificaciones propias de cada proyecto.
- Supervisar el uso óptimo de los materiales, llevando un control adecuado del inventario.
- Realizar pruebas de control de calidad de los materiales y servicios.
- Implementar listas de chequeo y control para verificar la ejecución de las obras y proyectos.
- Presentar informes de gestión de la Supervisión Técnica periódicamente a la entidad contratante (Infraestructura & vivienda, 2022).

En función del objeto del contrato de coordinación, control y verificación, la designación de responsable del tratamiento se asignará a la persona que corresponda con los conocimientos, experiencia y datos personales pertinentes.

De igual forma, el estado controla y monitorea el cumplimiento del contrato a través de un auditor cuyo trabajo es verificar el cumplimiento de las obligaciones del contratista para asegurar el cumplimiento del contrato en términos de calidad, oportunidad y economía. La supervisión es sacrosanta y, una vez designada, no puede delegarse en otros funcionarios dentro de la agencia y las funciones de supervisión no pueden subcontratarse.

En todos los contratos totalmente formalizados con un valor mayor o igual a 50 SMLMV, se debe involucrar un auditor y/o designar un supervisor para asegurar el cumplimiento total de las

disposiciones del contrato. El Auditor informará sobre el progreso y el estado del contrato al jefe, al Oficial a Cargo y al Revisor del Contrato (Ferreira, 2017).

Los funcionarios del estado que intervengan en contratación estarán sujetos a las restricciones por conflicto de intereses que adopte el alcalde o gobernador, con el fin de preservar la independencia de los funcionarios y garantizar la plena imparcialidad en el proceso de contratación, evitar el nepotismo, asegurar la igualdad de oportunidades a los proponentes y precaver que los servidores de la entidad deriven beneficios indebidos de la contratación (Ferreira, 2017).

La contratación de funcionarios gubernamentales estará sujeta a restricciones de conflicto de intereses adoptadas por el alcalde o el gobernador con el fin de mantener la independencia de los funcionarios y garantizar la total equidad en el proceso, evitar la autocracia, proporcionar igualdad de condiciones para los contratistas y evitar que los empleados obtener ganancias ilegales (Art. 6 Acuerdo 019 de 2005).

2.2 Marco legal

A la fecha el Gobierno Nacional de Colombia y las entidades delegadas por la Ley para su reglamentación han expedido las siguientes normas que constituyen el marco legal y normativo para la promoción y desarrollo de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovable:

- Decreto 2492 de 2014 [con fuerza de ley]. Por el cual se adoptan disposiciones en materia de implementación de mecanismos de respuesta de la demanda. 3 de diciembre de 2014. D.O. No. 49354.

- Decreto 2469 de 2014 [con fuerza de ley]. Por el cual se establecen los lineamientos de política energética en materia de entrega de excedentes de autogeneración. 2 de diciembre de 2014. D.O. No. 49353.
- Decreto 2143 de 2015 [con fuerza de ley]. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo III de la Ley 1715 de 2014. 4 de noviembre de 2015. D.O. No. 49686
- Resolución UPME 0281 de 2015 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se define el límite máximo de potencia de la autogeneración a pequeña escala. 5 de junio de 2015.
- Resolución CREG 024 de 2015 [Ministerio de Minas y Energía]. Por la cual se regula la actividad de autogeneración a gran escala en el Sistema Interconectado Nacional (SIN). 13 de marzo de 2015.
- Decreto 1623 de 2015 [con fuerza de ley]. Por el cual se modifica y adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política para la expansión de la cobertura del servicio de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional y en las Zonas No Interconectadas. 11 de agosto de 2015. D.O. No. 49601
- Resolución 1312 de 2016 [Ministerio de Ambiente]. Por la cual se adoptan los términos de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental – EIA, requerido para el trámite de la licencia ambiental de proyectos de uso de fuentes de energía eólica continental y se toman otras determinaciones. 11 agosto de 2016.
- Resolución 1283 de 2016 [Ministerio de Ambiente]. Por la cual se establece el procedimiento y requisitos para la expedición de la certificación de beneficio ambiental

por nuevas inversiones en proyectos de fuentes no convencionales de energías renovables FNCER y gestión eficiente de la energía, para obtener los beneficios tributarios de que tratan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014 y se adoptan otras determinaciones. 8 agosto de 2016.

- Decreto 348 de 2017 [con fuerza de ley]. Por el cual se adiciona el Decreto 1073 de 2015, en lo que respecta al establecimiento de los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala. 1 de marzo de 2017. D.O. No. 50162
- Resolución 1988 de 2017. [Ministerio de Ambiente]. PAI 2017 – PROURE (Programas para Exclusión IVA).
- Resolución UPME 585 de 2017 (Procedimiento ante UPME Exclusión de IVA).
- Resolución Ministerio de Ambiente 2000 de 2017 (Procedimiento ante ANLA para exclusión de IVA).
- Decreto 1543 de 2017 [con fuerza de ley]. Por el cual se reglamenta el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía, Fenoge. 16 de septiembre de 2017. D.O. No. 50358.
- Resolución CREG 167 de 2017 [Ministerio de Ambiente]. Por la cual se define la metodología para determinar la energía firme de plantas eólicas.
- Resolución CREG 201 de 2017 [Ministerio de Ambiente]. Por la cual se modifica la Resolución CREG 243 de 2016, que define la metodología para determinar la energía firme para el Cargo por Confiabilidad, ENFICC, de plantas solares fotovoltaicas.
- Decreto 570 de 2018 [con fuerza de ley]. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo

relacionado con los lineamientos de política pública para la contratación a largo plazo de proyectos de generación de energía eléctrica y se dictan otras disposiciones. 23 de marzo de 2018. D.O. No. 50544.

- Resolución CREG 015 de 2018 [Ministerio de Ambiente]. Por la cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional.
- Resolución CREG 030 de 2018 [Ministerio de Ambiente]. Por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional.
- Resolución CREG 038 de 2018 [Ministerio de Ambiente]. Por la cual se regula la actividad de autogeneración en las zonas no interconectadas y se dictan algunas disposiciones sobre la generación distribuida en las zonas no interconectadas.
- Ley 1955 del 25 de mayo de 2019 “Por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018 – 2022. “Pacto por Colombia, pacto por equidad””. El artículo 174 modifica el artículo 11 de la Ley 1715 de 2014.
- Decreto 829 de 2020 [con fuerza de ley]. Por el cual se reglamentan los artículos 11, 12, 13 y 14 de la Ley 1715 de 2014, se modifica y adiciona el Decreto número 1625 de 2016, Único Reglamentario en Materia Tributaria y se derogan algunos artículos del Decreto número 1073, Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía. 6 de noviembre de 2015.
- Resolución UPME 203 de 2020. Por la cual se establecen los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios en inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes no Convencionales de Energía -FNCE.

Por otra parte, se destacan algunas leyes y decretos en Colombia que regulan el tema de la interventoría como son:

- Ley 80 de 1993, Por la cual se expide el Estatuto General de Contratación de la Administración Pública. 28 de octubre de 1993. D.O. No. 41094.
- Ley 400 de 1997, Por el cual se adoptan normas sobre construcciones sismo resistentes y otras definiciones. 19 de agosto de 1997. D.O. No. 43113.
- Ley 435 de 1998, Por la cual se reglamenta el ejercicio de la profesión de Arquitectura y sus profesiones auxiliares, se crea el Consejo Profesional Nacional de Arquitectura y sus profesiones auxiliares, se dicta el Código de Ética Profesional, se establece el Régimen Disciplinario para estas profesiones, se reestructura el Consejo Profesional Nacional de Ingeniería y Arquitectura en Consejo Profesional Nacional de Ingeniería y sus profesiones auxiliares y otras disposiciones. 10 de febrero de 1998. D.O. No. 43241.
- Ley 842 de 2003, Por la cual se modifica la reglamentación del ejercicio de la ingeniería, de sus profesiones afines y de sus profesiones auxiliares, se adopta el Código de Ética Profesional y se dictan otras disposiciones. 9 de octubre de 2003. D.O. No. 45340.
- Ley 1229 de 2008, Por la cual se modifica y adiciona la Ley 400 del 19 de agosto de 1997. 16 de julio de 2008. D.O. No. 47052.
- Ley 1474 de 2011, Por la cual se dictan normas orientadas a fortalecer los mecanismos de prevención, investigación y sanción de actos de corrupción y la efectividad del control de la gestión pública. 12 de julio de 2011. D.O. No. 48128.
- Decreto 19 DE 2012 [con fuerza de ley]. Por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública. 10 de enero de 2012. D.O. No. 48308.

- Decreto 1082 de 2015 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el decreto único reglamentario del sector administrativo de planeación nacional. 26 de mayo de 2015.
- Decreto 1077 de 2015 [con fuerza de ley]. Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio. 26 de mayo de 2015. D.O. No. 49523.

2.3 Estado de arte

En la revisión bibliográfica acerca de proyectos enfocados en la planeación, verificación y control de edificaciones que implementen sistemas fotovoltaicos, se encontraron diversas publicaciones, siendo las más representativas las siguientes:

En primera instancia, Espitia (2017), propuso en su tesis de maestría, una guía metodológica para la implementación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia. En este documento, se plasma información técnica y financiera sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red; además incluye un estudio sobre el potencial energético en el lugar de la instalación, un resumen de información técnica de los componentes y una revisión de las alternativas existentes en el mercado (incluyendo su producción energética durante su vida útil, y su rentabilidad económica).

Valenzuela (2019), desarrolló una guía técnica de interventoría y supervisión para diseños y obras sostenibles de edificios públicos de bajo costo en Colombia; en su investigación, realizó una revisión normativa, bibliográfica y de casos de estudio, con el fin de generar una herramienta para interventores y facilitar una lista de parámetros para directores. Sin embargo, el alcance de la investigación abarcó únicamente las etapas de formulación y el diseño, dejando por fuera la interventoría en las etapas de la obra y operación de los edificios.

En el 2020, el ministerio de Minas y Energía junto con el Departamento Nacional de Planeación, DPN, desarrollaron un proyecto de instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas en el cual plantean una sección de interventoría y supervisión integral (técnica, administrativa y financiera). En el documento, se plasman los procedimientos de las principales actividades que la interventoría debe cumplir durante la obra (DNP, 2020).

A continuación, el estudio realizado por Borrero (2020), es un escrito detallado acerca de un diseño de un modelo de interventoría para adoptar en sedes Comfenalco nuevas alternativas de generación energética dentro de la cual se destaca los sistemas solares fotovoltaicos conectados en red. El proyecto busca el diseño, entrega, instalación, operación y mantenimiento de sistemas de energía solar fotovoltaica conectados a la red como una alternativa para reducir los costos de electricidad de la instalación.

Vizhco (2021), presenta en su tesis “Diseño de integración arquitectónica de un sistema fotovoltaico en el edificio de la facultad de matemáticas de la universidad de Guayaquil”, un estudio realizado para la implementación de sistemas fotovoltaicos donde muestra datos estadísticos acerca de requerimientos energéticos y cada uno de los detalles necesarios para su implementación.

3. Método

La investigación actual es descriptiva y cualitativa, incluida la orientación centrada en responder preguntas sobre cómo son algunas partes de la realidad en estudio. Los tipos de investigación descriptiva incluyen la descripción, el registro, el análisis y la explicación de la

naturaleza real y la composición o el proceso de los fenómenos, son investigaciones orientadas a los hechos y su característica principal es proporcionarnos explicaciones precisas (Tamayo, 2004).

La investigación descriptiva le permite identificar situaciones y eventos, es decir, cómo y cómo se manifiestan los fenómenos, e intenta identificar atributos importantes de una persona, grupo, comunidad u otros fenómenos para ser analizados (Sampieri, 2014).

La revisión bibliográfica es una etapa integral de cualquier proyecto de investigación, por lo que los filtros disponibles en las bases de datos científicas, como palabras clave y fecha de publicación, se utilizarán para extraer la información más relevante del campo de estudio. Además, el uso del software *goldfire*, analizadores de contenido web, bases de datos locales, artículos de revistas científicas y patentes reduce el conjunto de bibliografía a analizar, permitiéndole centrarse en menos, más documentación, pero de mayor calidad.

La Plataforma Electrónica de Servicios de Contratación Pública (SECOP I) servirá para examinar los proyectos de construcción pública para el despliegue de sistemas fotovoltaicos en el periodo 2020-2021; y se realizará un tamizaje para determinar cuáles se ejecutaron en la región Caribe Colombiana.

Luego analizar e identificar el proceso de auditoría administrativa a realizar a los proyectos de construcción antes mencionados, esta etapa es el quid de este proceso de investigación; puesto que requiere tanto de la revisión detallada y juiciosa de cada proceso paso a paso, como de la perspicacia y experiencia de los profesionales a cargo. Para llevar a cabo un análisis riguroso, se optará por el uso de herramientas como matriz DOFA, cuadros comparativos, diagramas de flujo, entre otras.

Finalmente, se organizará toda la información a modo de checklist (lista de chequeo), para construir un documento que sirva como guía de interventoría administrativa para la aplicación en los proyectos de construcción que utilicen sistemas fotovoltaicos.

De esta manera, se pretende aportar una herramienta útil en el campo de la interventoría que permita además una mayor factibilidad en los procesos de instalación de sistemas fotovoltaicos y así alcanzar el gran objetivo de disminuir la brecha entre las energías alternativas y la energía termoeléctrica que tantos problemas ambientales ha ocasionado al mundo.

3.1 Cronograma de actividades

Figura 3. *Cronograma de actividades*

TEM	ACTIVIDAD	MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
	Presentar Propuesta							
	Retroalimentación Presentar Propuesta							
	Elaboración del anteproyecto							
	Consultar base de datos de proyectos							
	Diseño de instrumentos							
	Validación y aplicación de instrumentos							
	Redacción e interpretación de resultados							
	Elaboración de trabajo final a director							
	Retroalimentación de trabajo final a director							
0	Entrega de trabajo final							
1	Retroalimentación de evaluadores							
2	Ajuste de trabajo final							
3	Entrega de correcciones trabajo final							
4	Sustentación							

Nota, Se utiliza un color amarillo en las celdas para resaltar que en qué día se realizara la actividad acordada en el cronograma.

3.2 Presupuesto para la ejecución de actividades.

Tabla 1. *Presupuesto para la ejecución de actividades*

Ítem	Descripción	Entidad que cubre	Unidad	Cantidad	Valor unitario	Valor total
1. Recurso Humano						
1	Asesoría directora del proyecto	Universidad Santo tomas	Horas	32	\$ 40.000,00	\$ 1.280.000,00
2	Investigadores	Estudiantes	Horas	480	\$ 30.000,00	\$ 14.400.000,00
2. Equipo						
3	Computador	Estudiantes	Horas	480	\$ 521,00	\$ 250.080,00
3. Materiales						
4	Papelería	Estudiantes	Mes	7	\$ 50.000,00	\$ 350.000,00
5	Digitación e impresión del proyecto	Estudiantes	Unidad	1	\$ 850.000,00	\$ 850.000,00
4. Transporte						
6	Pasajes	Estudiantes	Unidad	80	\$ 5. 000,00	\$ 400.000,00
					Universidad Santo tomas	\$ 1.280.000,00
					Estudiantes	\$ 16.250.080,00
					TOTAL	\$ 17.530.080,00

Nota, Presupuesto requerido para la ejecución de las actividades.

4. Resultados

4.1 Proyectos de construcción con sistemas fotovoltaicos en la región caribe colombiana 2020 – 2021.

Mediante la plataforma del servicio electrónico de contratación pública (SECOP I), se encontraron 9 proyectos de interventoría en obras públicas que implementaron sistemas fotovoltaicos en el periodo 2020-2021. de los cuales 5 se realizaron en la región caribe colombiana y se relacionan en la Tabla 1.

Tabla 2. *Proyectos de construcción con sistemas fotovoltaicos ejecutados en la región caribe colombiana durante el periodo 2020 – 2021.*

Fecha	Objeto	Número del proceso
22/07/2020	Interventoría a las obras de construcción de sistemas de autogeneración eléctrica con tecnología solar fotovoltaica en viviendas rurales no interconectadas del municipio de Ovejas, Sucre.	CM-02-2020
27/11/2020	Interventoría técnica, administrativa, financiera, ambiental y social al contrato de obra lp-006-2020 que tiene por objeto instalación de soluciones de energía alternativa (fotovoltaica) para las viviendas de la zona rural dispersa del municipio de Aracataca, Magdalena.	CMA-004-2020
8/01/2021	Interventoría integral a la implementación de sistemas autónomos de generación de energía solar fotovoltaica para la energización de viviendas en las zonas rurales no interconectadas del municipio de Becerril, Cesar.	CMA-001-2021
24/03/2021	Interventoría técnica, ambiental, administrativa y financiera al convenio interadministrativo 003 del 12 de marzo de 2021, que tiene por objeto "aunar esfuerzos entre las partes para la instalación de sistemas de autogeneración eléctrica con tecnología solar fotovoltaico en viviendas rurales no interconectadas de la subregión centro y norte del departamento del Magdalena, de los municipios zona bananeras, Tenerife, Reten, Chibolo y Pueblo viejo".	SP-CMA-001-2021
27/04/2021	Interventoría al proyecto: suministro e instalación y puesta en marcha de seis unidades de generación de energía renovable basada en tecnología solar fotovoltaica conectadas a red para seis instituciones públicas del municipio de Cantagallo Bolívar.	CM - 001 DE 2021

Nota: esta tabla muestra cada uno de los proyectos que tuvieron lugar en Colombia en la región caribe en los años comprendidos de 2020-2021.

4.2 Caracterización general de los proyectos

Si bien cada proyecto es único y su ejecución varía de acuerdo con cada persona, se pretende reunir proyectos de la misma naturaleza con el fin analizar sus principales características y verificar los procesos de interventoría administrativa en cada etapa.

La caracterización del proyecto es una actividad que describe las generalidades y particularidades desde una perspectiva profesional multidisciplinaria. A continuación, se describen las características a analizar entorno a proyectos de construcción que implementen sistemas fotovoltaicos.

4.2.1 Potencial de generación de energía solar en el Caribe Colombiano

La zona tiene un clima cálido y tropical durante todo el año, con una temperatura promedio de 25°, que puede llegar hasta 40°C en la península de la Guajira y presenta una humedad de 77 a 83%. La influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) genera una estación seca de diciembre a marzo, una estación de transición de abril a julio y una estación lluviosa de agosto a noviembre. Las radiaciones más bajas coinciden con el período de lluvia y las más altas ocurren en época seca.

El potencial teórico PT [kWh/mes/m²] es el máximo potencial disponible desde el punto de vista termodinámico y está dado por la irradiación global horizontal, parámetro que representa la suma de la radiación solar directa (que llega a la superficie de la tierra sin haber sufrido difusión ni reflexión), y la radiación solar difusa (que al interactuar con la atmósfera y las nubes es difundida en todas las direcciones). En la magnitud de la irradiación solar horizontal, media diurna están incluidos los cambios intra diurnos en la incidencia del sol, brillo solar, nubosidad, temperatura y humedad. Por lo tanto, este parámetro permite evaluar de manera real y precisa el potencial de la energía solar teórico.

En promedio, los departamentos del norte del Caribe presentan valores de irradiación solar entre 5,0 y 6,0 kWh/día/m². Durante todo el año, la irradiación global horizontal que incide sobre la zona oscila entre 1440 y 2070 kWh/año/m². El departamento de la Guajira es el que presenta mayor radiación solar en promedio anual; la mayor parte del departamento recibe entre 1860 y 1965 kWh/año/m² y algunas zonas pueden incluso superar estos valores, como es el caso de Riohacha. El resto de los departamentos muestran valores por debajo de 1965 kWh/año/m² en la mayor porción de su superficie. La Sierra Nevada de Santa Marta es el sitio con la menor radiación solar al año, cuyos valores son inferiores a 1545 kWh/año/m².

Por otra parte, debe tenerse también en cuenta la eficiencia del panel a la hora de transformar la energía solar captada en energía eléctrica, las pérdidas de energía o ineficiencias del sistema como la temperatura de funcionamiento óptimo del panel, la suciedad, la eficiencia del inversor y del transformador, y el porcentaje de degradación del panel. Con lo anterior, la ecuación que debe aplicarse para calcular el potencial neto de producción energética de un sistema fotovoltaico en la región Caribe colombiana es:

$$PN = I * n_e * FR * n_{deg}$$

Donde:

I es la irradiación global horizontal, valores reportados en la página del IDEAM

n_e es la eficiencia del panel, dato suministrado por el fabricante

FR es el factor de rendimiento del sistema, que se obtiene multiplicando los porcentajes de pérdidas de energía que se van a considerar en el sistema

n_{deg} es el porcentaje de degradación del panel que viene dado por la vida útil del mismo.

4.2.1.1 Demanda energética. Teniendo en cuenta que el común denominador de los proyectos evaluados es la implementación de sistemas fotovoltaicos, un aspecto a analizar es la

demanda energética que se va a suplir con el sistema solar instalado. Además, este factor es determinante para seleccionar la tecnología que se va a emplear, el número de paneles a instalar, la capacidad de las baterías, etc.

4.2.1.2 Acercamiento a la comunidad. La generación de energía en Colombia proviene de un 63,7% de recursos hídricos, mientras que el 31,5% viene de recursos térmicos como el gas, carbón, acpm y gasolina (Ministerio de Minas y Energía, 2021). Con estas cifras, solamente un 4.8% de la energía eléctrica del país proviene de fuentes renovables como la energía solar y eólica.

En resumen, es importante establecer métodos con las comunidades, actores regionales y operadores de redes para demostrar responsabilidades, derechos, expectativas y obligaciones para la implementación de proyectos creando condiciones para espacios sociales definidos con la comunidad de proyectos de energía renovable con beneficios generales e impacto social.

4.2.1.3 Investigación ambiental. Se necesitan estudios, trámites y permisos ambientales para preparar una serie de medidas detalladas que, como resultado de una evaluación de impacto ambiental, puedan prevenir, reducir, corregir o compensar los posibles efectos ambientales a medida que se desarrolla el proyecto y posteriormente, teniendo en cuenta todo el ciclo de vida de los materiales utilizados.

4.3 Estudios técnicos de los proyectos

Se deben tener en cuenta los principales aspectos técnicos relacionados con el despliegue de sistemas fotovoltaicos: - Energía disponible en la zona. - Estudio de cargas instaladas en apartamentos y edificios. - Datos técnicos del dispositivo. - Los planes. - Memoria del ordenador. - Se implementa la vida útil de cada componente. - Plan de trabajo de limpieza. - Analizar la

posición de los módulos solares y otros componentes para un rendimiento óptimo. - El último diseño con la mejor solución de diseño al menor costo (Marín & Quintero, 2017).

4.3.1 Análisis DOFA sistemas fotovoltaicos

Tabla 3. Análisis DOFA sistemas fotovoltaicos

Debilidades	Fortalezas
▪ Poco conocimiento de la tecnología por parte de la comunidad. ▪ Inversión inicial alta. ▪ Falta de personal experto en el área	▪ Alta radiación solar en toda la región caribe. ▪ Energía limpia y renovable. ▪ Incentivos estatales por mitigar la contaminación ambiental.
Amenazas	Oportunidades
▪ Poco apoyo político. ▪ Sistemas de financiamiento poco asequibles. ▪ Subsidio a energía hidroeléctrica.	▪ Continua reducción de costos. ▪ Tecnologías nuevas ▪ Concientización socioambiental.

Tabla 4. *Caracterización de proyectos*

Proyecto	Demanda energética	Acercamiento a la comunidad	Investigación ambiental	Estudios técnicos	Presupuesto	Fuente
CM-02-2020	44 viviendas rurales ~ 434 kWh/d	Socialización del proyecto por parte de la alcaldía de Ovejas, Sucre.	El proyecto exige Copia de los correspondientes certificados de reutilización, reciclaje y disposición final de los residuos producidos en la obra.	Estudio de suelos del predio. Análisis de Precios Unitarios -APU. Inventario Forestal. Cronograma detallado del proceso. Eficiencia y calidad de los sistemas fotovoltaicos.	\$52.920.823	(Alcaldía de Ovejas, 2020)
CMA-004-2020	176 viviendas rurales ~ 1667 kWh/d	Socialización del proyecto por parte de la alcaldía de Aracataca, Magdalena.	El proyecto exige: Control de Residuos de construcción y demolición. Manejo de la vegetación y sumideros presentes en la obra. Registro fotográfico en medio magnético con las actividades ambientales más relevantes de la obra.	Planos, diseños, detalles constructivos, y especificaciones técnicas del proyecto. programa de utilización de personal, de la maquinaria, equipo y herramientas. Descripción detallada de materiales, incluyendo APU.	\$229.821.272	(Alcaldía de Aracataca, 2020)

Proyecto	Demanda energética	Acercamiento a la comunidad	Investigación ambiental	Estudios técnicos	Presupuesto	Fuente
CMA-001-2021	541 viviendas rurales ~5334 kWh/d	Socialización del proyecto por parte de la alcaldía de Becerril, Cesar.	Velar por el cumplimiento del plan de manejo socio ambiental. Sugerir las medidas preventivas para que la obra genere el menor impacto ambiental negativo posible. Estar pendiente de la adecuada recolección, transporte y disposición final de los residuos sólidos y/o líquidos que se generen con la ejecución de la obra.	Especificaciones técnicas de obra. Informes de diseño y memorias. Topografía del proyecto. Calidad de los materiales y manejo de los mismos en obra.	\$634,895,107	(Alcaldía Municipal de Becerril - Cesar, 2021)
SP-CMA-001-2021	1134 viviendas rurales ~11334 kWh/d	Socialización del proyecto por parte de la gobernación del Magdalena.	Ratificar el cumplimiento de los controles y estrategias diseñadas para mitigar el impacto socioambiental. Obtención de la licencia ambiental. Verificar que los trabajos se realicen de forma tal que los procedimientos aplicados sean	Especificaciones técnicas de la obra. Diseño del sistema de generación. Cronograma detallado del proceso. Descripción detallada de materiales, incluyendo APU	\$1.192.366.519	(Alcaldía Municipio de Zona Bananera, 2021)

Proyecto	Demanda energética	Acercamiento a la comunidad	Investigación ambiental	Estudios técnicos	Presupuesto	Fuente
			compatibles, no solo con los requerimientos técnicos necesarios, sino también con las disposiciones ambientales legales vigentes, el código de recursos naturales y los permisos otorgados por las autoridades competentes.			
CM – 001- 2021	6 instituciones públicas ~667 kWh/d	Socialización del proyecto por parte de la alcaldía de Cantagallo, Bolívar.	Revisar documentos y hacer seguimiento sobre las presentaciones oportunas de estos ante las Autoridades ambientales en la jurisdicción del proyecto, requeridas para el inicio e impulso de los trámites ambientales necesarios para el desarrollo de las obras. Revisar y aprobar los planes de disposición de	Diseño del sistema de generación y monitoreo remoto en tiempo real. Características técnicas del sistema de distribución local- Sistema conectado a la Red. Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas	\$114.678.399	(ALCALDÍA MUNICIPIO DE CANTAGALLO , 2021)

Proyecto	Demanda energética	Acercamiento a la comunidad	Investigación ambiental	Estudios técnicos	Presupuesto	Fuente
			desechos y, en general, supervisar y hacer cumplir la reglamentación ambiental vigente			

Adaptado de SECOP I. (2020, 2021).

4.4 Procesos de interventoría administrativa

4.4.1 Asignación de recursos

Dentro de las actividades de interventoría, una de las más importantes es la asignación de los recursos antes de la ejecución de la obra; por ende, se destacan los procesos a tener en cuenta durante la interventoría integral al proceso:

Antes de iniciar el contrato:

Figura 4. Asignación de recursos.



4.4.2 Ejecución de obras

Los sistemas fotovoltaicos, son procesos de producción de electricidad, funcionales para usos domésticos, institucionales e industriales; por ende, es fundamental una serie de etapas que abarquen un conjunto de fases secuenciales, como las siguientes.

4.4.2.1 Localización y adecuación del terreno. Elegir la ubicación más adecuada para el proyecto es el primer paso, el cual requiere un estudio que genere beneficios para los usuarios y para el rendimiento del sistema. La adecuación del terreno incluye el desbroce, nivelación y limpieza de zonas que puedan dificultar la vegetación. Aunque el efecto de las instalaciones fotovoltaicas es muy pequeño y las actividades agrícolas no se verán afectadas mientras los nuevos cultivos no creen sombra.

La ubicación de la instalación solo debe replantearse, en caso de que no se logre corregir el efecto producido por las sombras.

4.4.2.2 Excavaciones. La excavación para soportar la estructura debe tener la profundidad adecuada según la cantidad de paneles instalados, las condiciones del suelo y la fuerza de los vientos predominantes en el área.

La base puede ser tipo celosía o columna, de aluminio, acero galvanizado o tratado contra agentes corrosivos, así como de madera o fibra de vidrio.

4.4.2.3 Instalación de celdas solares. Para la instalación de las celdas solares, tanto el ángulo de inclinación como la dirección en la cual se instalen influyen en el rendimiento del sistema, por lo cual lo recomendado es, realizar un estudio de radiación para determinar la mejor posición. Según la revisión bibliográfica, para áreas en el hemisferio norte, debe tener los paneles hacia el sur y viceversa. Aunque Colombia tiene territorios en ambos hemisferios, todas las ciudades independientes del Caribe están ubicadas en el hemisferio norte, definido por el ecuador y las coordenadas de latitud de ambos hemisferios.

Se piensa que el grado de inclinación de las placas puede ser similar a la latitud; En el caso de los municipios del Caribe, la latitud es de 10 grados, por lo que se pueden mantener los mismos 10 grados con respecto a la horizontal y al sur.

4.4.2.4 Instalación elementos del sistema. Todas las instalaciones deben cumplir con el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE y la Norma Técnica Colombiana NTC 2050.

El equipo debe conectarse a tierra, es decir, todas las partes metálicas expuestas del sistema (incluidos los gabinetes de control, los conmutadores de red, los marcos de la unidad y las estructuras de montaje) deben conectarse a tierra utilizando la guía.

4.4.2.5 Instalación redes internas y electrodomésticos. Para la construcción y montaje se debe aplicar la Especificación de Instalaciones Eléctricas - Retie, Norma Técnica Colombiana NTC 2050 y seguir las recomendaciones del fabricante del equipo a instalar. Es necesario que todos los materiales utilizados en la construcción de instalaciones eléctricas estén certificados.

4.4.3 Supervisión del uso de materiales

Una de las principales funciones de la interventoría en obras civiles es efectuar un estricto control de la calidad de los materiales empleados por el contratista, a partir de las especificaciones técnicas contratadas, así como de las obligaciones pactadas. Por lo anterior, para garantizar una óptima supervisión en el uso de materiales durante y después de la ejecución de los proyectos (manejo de residuos), el interventor deberá tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Validar que los materiales, la mano de obra y los artículos utilizados para llevar a cabo el contrato sean de la más alta calidad, que cumplan con los estándares y especificaciones estipuladas en la cotización y que se hayan proporcionado o no las marcas comerciales del contratista y que no se hayan realizado cambios, sin su autorización. Si se identifican cambios en las especificaciones, deberá notificarlos para su revisión y aprobación.
- Verificar constantemente la calidad de las obras, equipos, materiales, bienes, suministros, servicios y/o productos. Para lo anterior, el auditor requerirá al Contratista la realización de las pruebas o ensayos de laboratorio necesarios para controlar su calidad, así como la realización de las pruebas o ensayos en laboratorio. Necesario para verificar y aprobar el cumplimiento de las normas y especificaciones por parte del contratista. El establecimiento del contrato. En caso de que dichas pruebas o pruebas sean inconsistentes con los resultados, el observador deberá dejar constancia de la ejecución y verificar las acciones correctivas pertinentes.
- Diario: Registrar, en tinta indeleble, con el contratista y/o los ocupantes o sus representantes, en el lugar de ejecución del contrato, en el “diario o cuaderno de trabajo”, las acciones diarias allí realizadas, órdenes, resultados e instrucciones, avance de obra, inventario periódico de suministros, equipo y personal; Así como las actas de trabajo de los comités técnicos o administrativos que deban implementarse periódicamente, y las notas o noticias que se presenten. Este libro será parte integral del contrato y de la documentación de auditoría. Aquí también es recomendable reformular los conceptos técnicos de consultores ajenos al contrato de trabajo o actividad, quienes por alguna razón están obligados a presentar los conceptos.

- Una vez terminada la obra, el Contratista observará las siguientes normas para la disposición final de materiales: Evitar la disposición de cualquier material en lugares que puedan afectar el drenaje natural, la infraestructura, la vegetación, las áreas inundables o las áreas ambientalmente sensibles. Los metales sobrantes de la maquinaria y los materiales de construcción deben trasladarse a lugares especialmente diseñados para evitar que tengan una apariencia desagradable en el lugar de trabajo o que se conviertan en elementos peligrosos.

4.4.4 Seguimiento y control

4.4.4.1 Seguimiento técnico.

- Verifique que los materiales, la mano de obra y los artículos utilizados para llevar a cabo el contrato sean de la más alta calidad, que cumplan con los estándares y especificaciones estipuladas en la cotización y que se hayan proporcionado o no las marcas comerciales del contratista y que no se hayan realizado cambios sin su autorización.
- Verificar el cumplimiento por parte del contratista de las normas y especificaciones establecidas para la construcción del contrato, en caso de cambios en las especificaciones, notificarle para que evalúe y apruebe el precio del contrato.
- Validar el contratista comience a trabajar en tiempos preestablecidos.
- Verificar el cumplimiento de los cronogramas contratados y los procesos de inversión, realizar auditorías periódicas de las actividades planificadas y recomendar las posibles correcciones. En caso de incumplimiento, el auditor debe notificar de inmediato al funcionario correspondiente el costo del trabajo de auditoría y/o al supervisor (si

corresponde) y recomendar (si corresponde) la aplicación de los procedimientos de auditoría y las sanciones especificadas en el contrato.

- Control de calidad permanente de los trabajos, equipos, materiales, bienes, suministros, servicios y/o productos. Para este efecto, el supervisor o auditor obligará al contratista a realizar las pruebas o ensayos de laboratorio necesarios para controlar su calidad. Realizar los ensayos o pruebas de laboratorio requeridos para verificar y aprobar el cumplimiento de la norma por parte del contratista. Preparar las especificaciones para el contrato. *Si estas pruebas o verificaciones no tienen éxito, el auditor debe documentar la implementación y verificar las acciones correctivas.*
- Investigar sobre los diferentes requerimientos técnicos que no impliquen cambios en el contrato. En caso de modificaciones necesarias, éstas deberán ser sometidas al estudio informático de gasto.
- Presentar por escrito al titular las observaciones que estime convenientes y pertinentes para el mejor desempeño del servicio, teniendo en cuenta las órdenes perentorias necesarias, garantizando el cumplimiento de las obligaciones contractuales, sin que ello suponga una modificación del objeto o cláusula contractual.
- Informar los daños que aparezcan en las obras indicando sus causas; ordenar la suspensión temporal de las obras en ejecución hasta que el contratista cumpla con las especificaciones estipuladas en el contrato. Si las fallas no son causadas por incumplimiento de lo especificado, deberá analizar y conceptuar sobre las alternativas de solución propuestas, a efectos de que sean aprobadas.

- De acuerdo con los requisitos técnicos pertinentes, realizar otras actividades que conducen al desarrollo del objeto del contrato y demuestran la conformidad técnica del contrato en varias etapas de ejecución.
- Participar activamente en la ejecución de los sitios y diseños del proyecto, el diseño y la ubicación de los depósitos y patios de materiales de construcción y, en general, todas las actividades previas a la construcción.
- Mantener verificación continua de que el contratista cuenta con la infraestructura física y personal contenida en los documentos que integran la propuesta técnica de contratación (APU, plan de trabajo, flujograma financiero, etc.).
- Anotar los mensajes, órdenes e instrucciones realizadas durante el período del contrato en el cuaderno o libro de trabajo.
- Realizar comité técnicos de seguimiento periódicos con el contratista, el ordenador del gasto y/o supervisor del contrato (si corresponde), ingeniero o arquitecto involucrado en la redacción del proyecto, o cualquier tema o problema relacionado con la creación del contrato. Consultor de gestión de proyectos que necesita ser convocado en cualquier momento mientras se está trabajando para acordar una solución específica y oportuna y para monitorear y evaluar los compromisos acordados en el protocolo anterior. Las discusiones se registran en forma de "registro de seguimiento del contrato" y son firmadas por los participantes.
- Medir y validar periódicamente los ítems y las cantidades especificadas en el contrato, a partir de la información facilitada y, en su caso, los aspectos que puedan afectar al normal desarrollo del contrato y dar lugar a cambios elaborar un informe.

- Verificación del cumplimiento de las normas y especificaciones técnicas del proyecto. Para ello, entregar al contratista todos los análisis, ensayos y laboratorios que considere necesarios para definir con precisión las condiciones técnicas y/o de uso que requiera la correcta ejecución del objeto. Solicitar ensayos, seguimiento, control de calidad, levantamientos topográficos y otras investigaciones. Si cumple con los requisitos, está satisfecho y cumple con todos los requisitos requeridos, se procede con la aprobación en función de los resultados.
- Verificar la disponibilidad continua de los permisos, resoluciones y demás requisitos exigidos por los órganos de contratación y el cumplimiento de los especificados en dichos documentos.
- Dar seguimiento a los estudios ambientales del proyecto y trabajar con los responsables de la gestión y manejo de los recursos naturales y el medio ambiente para prevenir, mitigar o minimizar los impactos ambientales que pueda ocasionar la ejecución de los trabajos.
- Asegurarse de que el contratista cumpla con las medidas de control, decisiones de permisos ambientales y declaraciones de la autoridad ambiental responsable establecidas en el Estudio de Impacto Ambiental y/o Plan de Evaluación y Manejo de Impacto Ambiental. Para ello, es necesario presentar un informe mensual sobre el avance y cumplimiento del plan de manejo ambiental. Esto se aplica sin perjuicio del contratista y otras personas involucradas en la ejecución del trabajo.
-

4.4.4.2 Seguimiento administrativo.

- Si el contratista solicita un cambio de personal del equipo de trabajo del contratista, el auditor debe confirmar y aprobar que el reemplazo o cambio del equipo de trabajo del

contratista cumple con las condiciones de la especificación, dicho esto, se lleva un registro e informa a la entidad tal novedad.

- Revisar periódicamente la implementación efectiva de los planes de asistencia social de acuerdo con los términos contractuales prescritos.
- Comunicar oportunamente las quejas y reclamos que tenga la comunidad sobre el proyecto.
- Velar por que los contratistas respeten sus aportes al sistema general de seguridad social (salud, pensiones, riesgos laborales) y el pago de las obligaciones financieras de todos los trabajadores a su cargo, de conformidad con las disposiciones legales.
- Cumplir y hacer cumplir las obligaciones laborales del contratista en relación con el contrato suscrito.
- Planificar reuniones de seguimiento para la celebración de contratos y coordinación con contratistas y agentes. En estas reuniones se presenta el avance del contrato, se discuten y analizan temas y cuestiones relacionadas con el avance del contrato, y se acuerdan soluciones prácticas y oportunas entre las partes.
- Proporcionar informes semanales, mensuales y finales según lo solicite la entidad, detallando el estado, el progreso y la finalización del compromiso.
- Para cualquier tipo de incumplimiento de contrato, el auditor debe entregar al aprobador de gastos una copia de los requisitos del contratista, los cuales siempre deben ser presentados a la compañía de seguros.
- Llevar un registro escrito de todas las actuaciones. Las órdenes e instrucciones dadas son vinculantes siempre que cumplan con la ley y sus respectivos acuerdos contractuales.

4.4.4.3 Seguimiento financiero.

Durante la ejecución:

- Llevará el control de los dineros desembolsados en una tabla de gestión financiera que describe las transacciones financieras procesadas durante la ejecución del contrato, el monto gastado y el presupuesto restante, y la cantidad de trabajo restante (en forma de monto) será ejecutado.
- Obtener un informe mensual de pre-gestión del contratista. Este informe debe tener la forma de un Informe de inversión y un Informe de gestión previa apropiado, acompañado de al menos los siguientes documentos: 1. Extracto bancario. 2. Ajuste bancario.
- Plan de inversión vigente.
- Copia del cheque emitido y debidamente diligenciado en el que conste la cédula de ciudadanía o NIT del beneficiario, concepto de pago y listado de rebajas tributarias.
- Los comprobantes de gastos deben estar debidamente respaldados por facturas que cumplan con los requisitos legales.
- Los recibos de pago tienen los mismos requisitos que las facturas. En el caso de nóminas y/o boletas de pago, las mismas deberán estar firmadas por el beneficiario e incluir número de identificación, nombre y cargo que desempeña.
- No se deben crear cajas menores con los recursos del anticipo.
- El auditor confirma que no existen diferencias en los saldos registrados en el estado de cuenta, informe de gastos y plan de inversión inicial. Si se comprueba que el contratista ha prestado el anticipo a un destino diferente al permitido, se debe a que permite la adecuada gestión y garantía de la correcta inversión, y se notifica al representante autorizado que

debe hacerlo. Notificar atrasos al costo y/o administrador del contrato de auditoría (si corresponde).

- Llevar un registro cronológico de los pagos del contrato y ajustes financieros – balance presupuestario del contrato.
- Revisar y administrar los registros de ejecución de contratos para garantizar que los objetos se entreguen dentro del presupuesto asignado.
- Deberá conocer las reservas presupuestarias existentes y, en su caso, proporcionar información oportuna sobre la necesidad de gratitud y la duración del contrato.
- Para la autorización del último desembolso, el contratista deberá presentar los certificados de paz y salvo del personal que requirió para su desarrollo.

4.5 Guía de interventoría administrativa para la aplicación en los proyectos de construcción que utilicen sistemas fotovoltaicos.

Esta guía tiene por objetivo enlistar las actividades que deben realizar los interventores en cuanto a responsabilidades monitoreo y evaluación a los procesos de ejecución de obras civiles que implementen sistemas fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica.

De igual forma, el auditor es responsable de supervisar, gestionar las acciones del contratista para implementar el contrato o las especificaciones técnicas, controles, leyes, presupuestos y actividades ambientales especificadas en el contrato.

4.5.1 Iniciación del proyecto

4.5.1.2 Levantamiento de información.

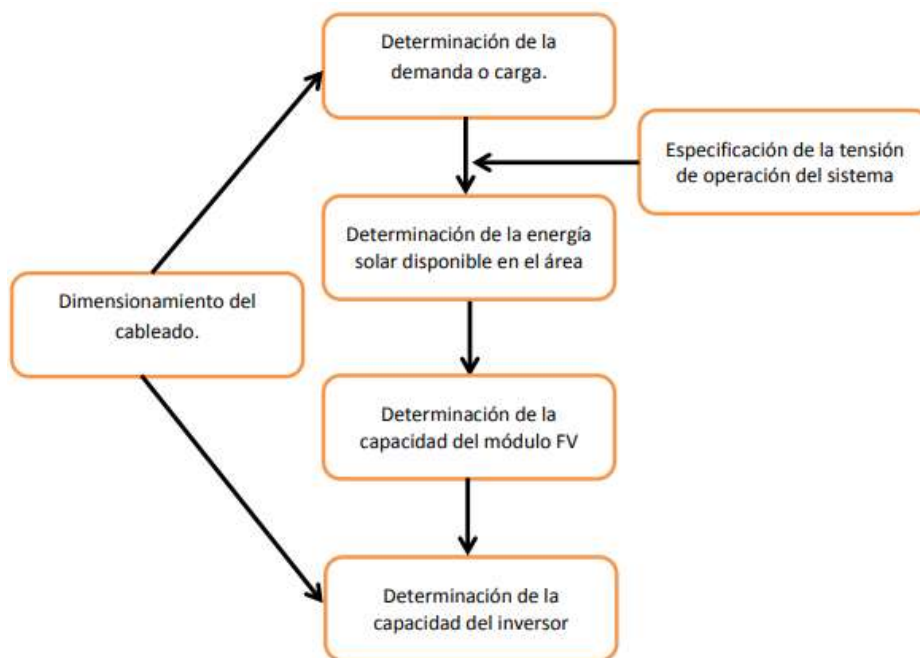
- Conocer el contrato de obra y de interventoría.
- Revisar la normatividad vigente acorde al objeto del proyecto.
- Tramitar adecuadamente el acta de iniciación del contrato, utilizando los formatos y procedimientos establecidos.
- Conocer los estudios previos, licencias, autorizaciones, cálculos, especificaciones, diseños y planos.
- Verificar la legalización de los predios donde se va a realizar la obra.
- Revisar y aprobar los siguientes documentos: Hoja de vida del personal. Relación de equipo ofrecido; Análisis de precios unitarios (medios físicos y magnéticos). Programas de trabajo (medios físicos y magnéticos); Programas de inversión (medios físicos y magnéticos); Circulación de efectivo; Instalaciones temporales; Planeación de la calidad (medios físicos y magnéticos) y demás requisitos para especificaciones/condiciones de asignación.
- Contar con las autorizaciones ambientales pertinentes.
- Registrar el estado actual de las edificaciones, caminos y demás elementos existentes en las inmediaciones del Proyecto junto con su correspondiente descripción y documentación fotográfica.
- Revisar y aprobar la ubicación de la obra y sus términos técnicos para iniciar y desarrollar el objeto del contrato.

- Verificación de la afiliación del personal involucrado en la redacción de contratos de los sistemas generales de seguridad social (salud, pensiones, riesgos laborales) con base en disposiciones legales.
- Si corresponde, exigir al contratista que llene un formulario de planificación de preinversión. Este formulario también debe estar firmado como prueba de la aprobación del auditor.

-

4.5.1.3 Caracterización de la demanda energética. El dimensionamiento del sistema fotovoltaico consiste en determinar su capacidad para satisfacer la demanda de energía requerida. El método de dimensionamientos fundamenta en el balance de energía.

Figura 5. *Flujo de dimensionamiento del sistema.*



Nota: esta figura muestra la manera en la que el sistema se encuentra dimensionado. Tomado de (Rey, 2017).

Se presenta a continuación los pasos que se han de seguir con este método para lograr el correcto dimensionado de un sistema fotovoltaico.

Paso 1. Estimación del consumo: el primer paso es determinar la energía eléctrica diaria requerida por la instalación receptora. El requerimiento energético diario teóricamente requerido (carga diaria) es la suma de la energía consumida por cada dispositivo o factor consumidor, multiplicando cada potencia por el tiempo medio diario de funcionamiento de cada dispositivo. Suele bastar con determinar la media mensual del consumo diario. Esto es lo mismo que asumir el valor de la carga diaria de cada mes en Wh (Espitia, 2017).

Paso 2. Estimación de la Irradiación solar: la energía que alcanza la radiación solar depende básicamente de la latitud del plano electromotor, la inclinación y orientación del sol. Cabe señalar que el ángulo de inclinación mínimo debe ser de 15° con respecto a la horizontal para que el agua de lluvia pueda drenar el polvo. La cantidad de energía que actúa sobre el panel depende de la orientación del panel con respecto al sol, y dada la ubicación geográfica privilegiada de Colombia en la zona ecuatorial, existe una radiación solar constante durante todo el año en casi todas las regiones (Rey, 2017).

Paso 3. Dimensionado del generador fotovoltaico: el número de módulos (placas o paneles solares) debe calcularse en función de las condiciones de radiación solar media del año. Para realizar este cálculo, debe seleccionar y conocer la potencia del módulo que está instalando. Estos datos se muestran en las características técnicas de los módulos seleccionados según modelo y fabricante (Rey, 2017).

Paso 4. Dimensionado del inversor: los inversores se caracterizan principalmente por el voltaje de entrada que necesita adaptar el generador, la potencia máxima que puede entregar el generador y la eficiencia (Rey, 2017).

Paso 5. Dimensionado del cableado: este cableado del panel debe estar hecho de material de alta calidad para garantizar la durabilidad y confiabilidad del sistema en ambientes al aire libre. Por supuesto, el cableado debe cumplir con la normativa técnica de baja tensión. Los cables utilizados internamente no se ven afectados por las sustancias atmosféricas debido a que cuentan con una capa protectora de material impermeable y resistente a la humedad (Rey, 2017).

4.5.1.4 Acercamiento a la comunidad. Es importante conocer y comprender el estado socioeconómico de la comunidad, ya que la evaluación debe minimizar el impacto social que el proyecto pueda tener en la comunidad. Las encuestas previas deben tener en cuenta las necesidades de la comunidad. Esto es especialmente cierto si está implementando un sistema de generación de energía que normalmente se lleva a áreas remotas, que son comunidades vulnerables porque se encuentran en áreas rurales y nunca han accedido a este servicio.

4.5.2 Normatividad vigente

A la fecha, todos los contratos de ejecución e interventoría de obras en Colombia se rigen desde el momento de su inicio por la Ley 1882 de 2018. A su vez, el Decreto 594 DE 2020 modificó el Decreto 1082 de 2015 Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Planeación Nacional.

A su vez, la normatividad vigente para reglamentar la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional es la Ley 1715 de 2014; complementada por Normas Técnicas Colombianas para instalaciones solares fotovoltaicas, dadas por el Ministerio de Minas y Energía y las instituciones competentes adscritas al gobierno nacional,

donde se establecen los estándares mínimos de calidad, para los componentes principales de un sistema solar fotovoltaico, así:

- *Paneles o módulos Fotovoltaicos*: deben cumplir con las especificaciones sobre seguridad en módulos fotovoltaicos. La norma está dividida en dos partes, una primera que especifica los requisitos para la construcción es la NTC 5899-1 de 2011 y una segunda parte que establece los requisitos para las pruebas y es la NTC 5899-2 de 2011 (Morales y Gómez, 2020).
- *Baterías*: se debe cumplir la norma NTC 5287 de 2009, la cual suministra la información necesaria referente a los requisitos de las baterías que se utilizan en los sistemas solares fotovoltaicos y de los métodos de ensayo típicos utilizados para verificar la eficiencia de las baterías (Morales y Gómez, 2020).
- *Regulador de Carga*: Se debe cumplir con la norma NTC 6016 de 2013, la cual define los requisitos de comportamiento y rendimiento de los controladores de carga de batería y todas las que apliquen para estos reguladores (Morales y Gómez, 2020).
- *Acondicionadores de Potencia*: la normatividad NTC 5759 de 2010 establece las pautas de medida de rendimiento de estos acondicionadores de potencia usados en los sistemas fotovoltaicos aislados y en los conectados a la red eléctrica. El rendimiento se obtiene de las medidas directas, en fábrica, de la potencia de entrada y de salida (Morales & Gómez, 2020).

4.5.3 Estudios técnicos

- Diseño conceptual y características técnicas del proceso.
- Localización y tamaño.

- Modelo de sistema fotovoltaico
- Consumo energético
- Zona y datos de incidencia solar.
- Paneles solares a utilizar.
- Cálculo de cantidad de paneles a utilizar.
- Cálculo de baterías
- Ficha técnica de las baterías a utilizar
- Inversores.

4.5.4 Estudios financieros

- Estimación de costos de inversión del proyecto.
- Clasificación de costos.
- Estimación de la reserva de contingencia
- Análisis cuantitativo de riesgos.
- Estimación de los costos de aprovechamiento del proyecto.
- Administración, de operación y de mantenimiento del proyecto.
- Costos de reemplazo de equipos al cumplir su vida útil
- Fuentes de fondos.
- Flujos de caja

4.5.5 Estudios Ambientales

- Análisis ciclo de vida del sistema.
- Emisiones al aire.

- Residuos sólidos.
- Residuos por uso de agua.
- Daños a suelos.
- Descripción y categorización de impactos ambientales.
- Estrategias de mitigación del impacto ambiental.
- Estudio de impacto en el incremento de temperatura causado por los paneles en el área donde se instalan.

4.5.6 Evaluación del proyecto

- Especificaciones técnicas sujetas a contrato.
- Actividades de gestión de contratistas.
- Actividad jurídica.
- Actividades de tesorería y presupuesto.
- Disposiciones contractuales.
- Correcta ejecución del objeto del contrato.
- Términos del contrato y otros términos que garanticen una inversión eficiente y adecuada de los recursos especificados en el contrato.
- Indicar al contratista las faltas y defectos en la obra, bienes o servicios para que pueda realizar una evaluación y corregirlo en el tiempo restante hasta el final del contrato antes de completar la obra.

4.5.7 Seguimiento y control

- Análisis general del control de calidad de la obra.

- Recomendaciones o aclaraciones complementarias por parte de la Interventoría con respecto al control de calidad de la obra.
- Evaluación de ensayos y control de calidad.
- Especialista encargado de realizar los ensayos y el control de calidad de la obra.

4.5.8 Mantenimiento preventivo del sistema

Los sistemas fotovoltaicos se caracterizan por su excelente resistencia y durabilidad. Por lo tanto, no requiere mucho mantenimiento, pero sí una limpieza regular de la superficie. El polvo y la suciedad acumulados afectan directamente a la eficiencia del módulo, aumentando la pérdida de energía y reduciendo la cantidad de radiación solar recibida. Para un sistema típico, recomendamos lo siguiente:

4.5.8.1 Limpieza de paneles. Además de eliminar el polvo, la limpieza de la superficie debe realizarse con agua y jabón de pH neutro, evitando detergentes o detergentes fuertes o abrasivos. Especialmente en días muy soleados, conviene hacerlo por la noche, no durante el día, para evitar cambios bruscos de temperatura. (Frecuencia: 3-4 veces al año, dependiendo de la cantidad de polvo en la zona. En caso de fuertes lluvias que puedan contener residuos de la zona, se debe realizar una limpieza posterior para evitar una mayor contaminación).

4.5.8.2 Inspecciones visuales (mensual).

- Controlar y evitar daños en la superficie de paneles, estructuras, soportes y conexiones en mal estado y reposición de componentes.
- Corrosión y deterioro visibles en todo el sistema.

- Compruebe la carcasa del dispositivo (inversor, controlador de carga, inversor/convertidor) en busca de suciedad y daños en la superficie.
- Comprobar que la estructura está fija y que los tornillos están bien apretados, evitar una fijación insuficiente y cambiar si está dañado.
- Compruebe el aislamiento y sustitúyalo si es necesario.
- Asegurarse de que los componentes del sistema estén en la posición correcta, en un lugar limpio y seco, y fuera de la luz solar directa o Inspección diaria de las luces indicadoras del dispositivo para evitar fallas en el sistema.

4.5.8.9 Inspecciones de conexiones eléctricas: (anual).

- La humedad y las fugas de agua en el interior del dispositivo evitan el mal funcionamiento. Comprobar el estado de los cables y del aislamiento en las conexiones del panel y de los dispositivos y sustituirlos si están desgastados o dañados.
- Revisar los contactos del empalme y la conexión y el óxido sulfatado, y si se encuentra algún deterioro, reemplazarlo.
- Verifique la conexión con la cámara termográfica de infrarrojos para evitar un aumento de la temperatura máxima de funcionamiento, especialmente en días muy soleados.
- Prueba de fugas de todo el sistema, especialmente los circuitos del inversor y la batería y las conexiones eléctricas.
-

4.5.8.10 Mantenimiento de inversores: (semestral).

- Lectura de datos de archivo y memoria de errores.
- Limpieza, revisión y/o sustitución de filtros y rejillas de entrada y salida de aire.

- Verifique las funciones del dispositivo de protección (interruptor), voltaje de control, fusible, interruptor aislado y contactos, y reemplácelos si es necesario.

4.5.8.11 Mantenimiento de baterías: (mensualmente).

- Proteja la batería de la luz solar directa y evite el contacto con el agua o al aire libre. La batería puede dañarse o su vida puede acortarse.
- Inspección para confirmar que el nivel de electrolito está dentro de los límites especificados por el fabricante.
- Limpie la cubierta superior con grasa antioxidante para evitar la sulfatación.
- Comprobar la densidad del electrolito con un hidrómetro. Esto le ayudará a comprobar el estado y la capacidad de la batería.
- Sustitución preventiva de elementos y componentes por vida útil finalizada.
- Revisión de paradas de emergencia y sistemas de alarmas de cada equipo.
- Inspección de etiquetas de indicadores de advertencia y peligro, si es necesario reponerlas.

El mantenimiento sugerido anteriormente es un mantenimiento general para que su sistema funcione de manera óptima. Para un mantenimiento más completo y puntual, se recomienda contactar al fabricante del equipo, personal capacitado externamente y leer los manuales de instrucciones y fichas técnicas de los componentes del equipo y de todo el sistema.

4.5.9 Formato de Supervisión Periódico del sistema fotovoltaico

Tabla 5. *Ficha Técnica de supervisión periódica del sistema fotovoltaico*

Ficha técnica de supervisión periódica del sistema fotovoltaico		
Fecha de revisión:	Número de proceso:	Número de contrato:
Objeto del contrato:		
Estado del espacio exterior que rodea el sistema:		
Presencia de árboles, muros u objetos que perturben el ángulo de incidencia solar:	☐ si	☐ no
Presencia de laderas o relieves artificiales:	☐ si	☐ no
Estado de los componentes del sistema fotovoltaico		
Inspección visual de los paneles:		
Inspección visual del inversor:		
Inspección visual de las baterías:		
Inspección de las conexiones eléctricas:		
Registro Fotográfico:		
Observaciones Generales:		
Supervisor:		
Firma:		

Nota: formato técnico de supervisión periódico.

4.5.10 Formato de Supervisión de Convenios de obra

Tabla 6. *Ficha técnica de supervisión de convenios de obra*

Ficha técnica de supervisión de convenios de obra	
Fecha del informe:	Número de informe: Número de convenio:
Objeto del convenio:	
Valor inicial (\$): _____	Prorrogas:
Desembolso 1 (%) _____	Fecha de Prorroga:
Aporte municipio (\$): _____	Fecha de Suspensión:
Desembolso 2 (%) _____	Fecha de Reinicio:

Aporte ejecutor (\$): _____ **Otros:**
Desembolso 3 (%) _____ Fecha actual de terminación:
Valor adicional (\$): _____ Estado actual del convenio:
Desembolso 4 (%) _____
Valor final (\$): _____
ΣDesembolsos (%) _____

Forma de desembolso:

Metas físicas actualizadas:

☐ Red de acueducto _____ ML	Rubro:	Fuente:
☐ Red de alcantarillado _____ ML		
☐ PTAP/ PTAR _____ UN	Rubro:	Fuente:
☐ Vías Urb/Sec/Terc _____ km	Rubro:	Fuente:
☐ Puentes/Alc/Box _____ UN		
☐ Sistemas fotovoltaicos instalados _____ UN	Rubro:	Fuente:
☐ Otro/ cuál _____	Rubro:	Fuente:

Cronología del convenio:

Actas suscritas	Fecha	Duración	Observaciones
1. Acta de iniciación			
2. Desembolsos			
3. Prorrogas			
4. Suspensión			
5. Reinicio			
6. Relevo de supervisor			
7. Modificatoria			
8. Comités			
9. Terminación			
10. Liquidación			

Actividades realizadas por el supervisor:

☐ Comité técnico:
☐ Visitas:
☐ Trámites:
☐ Informes
☐ Otro/ cuál _____

Registro Fotográfico actualizado:

Observaciones Generales:

Supervisor:

Firma:

Nota: formato técnico de supervisión convenios de obra.

4.5.11 Formato de Supervisión especificaciones técnicas de obra

Tabla 7. *Ficha técnica de supervisión especificaciones técnicas de obra*

Ficha técnica de supervisión especificaciones técnicas de obra		
Fecha del informe:	Número de informe:	Número de contrato:
Especificaciones técnicas cumple Sí ☐ No ☐		
Cuáles: _____		
Ha requerido ajustes a los diseños Sí ☐ No ☐		
Cuáles: _____		
Cumplimiento:		

Se cumple con el objeto del contrato Sí ☐ No ☐

Por qué: _____

Requiere adicional Sí ☐ No ☐

Valor: _____

El sistema queda en operación Sí ☐ No ☐

Por qué: _____

Registro Fotográfico actualizado:

Observaciones Generales:

Supervisor:

Firma:

Nota: formato supervisión de especificaciones técnicas de obra.

4.5.12 Formato de Supervisión instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red

Tabla 8. *Ficha técnica de supervisión instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red*

Ficha técnica de supervisión instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red	
Fecha instalación:	Ingeniero electricista encargado:
Propuesta de instalación según NTC 2050	

Variable	Descripción
Tensión nominal (V)	
Capacidad de corriente	
Uso específico	
Resistencia mecánica y durabilidad de los equipos.	
Espacio para los bucles de cables y las conexiones (m ²)	
Aislamiento eléctrico	
Calibre de los conductores	
Ventilación y límites de temperatura	
Espacio alrededor de los equipos (m)	
Protección de partes energizadas	
Prevención contra daños físicos	
Señales de advertencia y rotulado	
Validación técnica: Adjuntar memoria de cálculos y certificación RETIE: Certificado de producto de los equipos y materiales utilizados: Regulador de carga Sí ☐ No ☐ Inversor Sí ☐ No ☐ Paneles Sí ☐ No ☐ Baterías Sí ☐ No ☐ Otros: _____	
Trámites para conexión a la red: Operador de Red-OR: _____ Cliente: _____ Instalador: _____ Tipo de servicio: _____ Disponibilidad del circuito Sí ☐ No ☐	
Verificación de instalación Acometida eléctrica según planos eléctricos y de planta Sí ☐ No ☐ Observaciones: _____ _____ Equipo solar fotovoltaico: Montaje de los rieles o soportes Sí ☐ No ☐ Paneles solares Sí ☐ No ☐ Accesorios de conexión Sí ☐ No ☐	

Nota: Verifique que la acometida eléctrica cumpla con los requisitos para la certificación RETIE, confirme la conexión correcta de los arreglos de los paneles, identifique posibles fallas de las estructuras y observe el avance de la instalación de cada proyecto.

Registro Fotográfico actualizado:

Observaciones Generales:

Supervisor:

Firma:

Nota: formato supervisión instalación de sistemas fotovoltaicos conectados a la red.

4.5.13 Formato de Supervisión actividades en seguridad y salud ocupacional

Tabla 9. Ficha técnica de supervisión actividades en seguridad y salud ocupacional

Ficha técnica de supervisión actividades en seguridad y salud ocupacional		
Fecha informe:	Número de informe:	Número de contrato:
Objeto del contrato:		
Verificación de afiliación y aportes a la seguridad social		
Verificar la última planilla de autoliquidación integral de aportes a la ARP y confrontarla con los trabajadores de la obra	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué	
Verificar la última planilla de autoliquidación integral de aportes a la EPS y confrontarla con los trabajadores de la obra	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué	

Verificar la última planilla de autoliquidación integral de aportes a la AFP y confrontarla con los trabajadores de la obra	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Verificación de conformidad al informe del contratista	
La coordinación del Programa de Salud Ocupacional la está ejecutando el equipo propuesto y con la intensidad ofrecida	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Los recursos económicos han sido suficientes para atender las actividades de Salud Ocupacional	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Se Revisan las Actas del Comité Paritario de Salud Ocupacional de la Obra o de la empresa	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Cumplimiento de actividades de prevención y promoción propuestas en el Panorama de Factores de Riesgo e incluidas en el Cronograma de Salud Ocupacional	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Registros de capacitación en Salud Ocupacional	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Se cuenta con material educativo elaborado y/o distribuido entre los trabajadores	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Se acatan las recomendaciones de la interventoría	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Se implementa el Plan de emergencias de la obra	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Verificar registros estadísticos y proceso de investigación de accidentes de trabajo	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Verificar registros estadísticos y proceso de investigación de accidentes de trabajo	
Se tiene la supervisión permanente y especializada en seguridad	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Se han dispuesto los recursos físicos y tecnológicos para el desarrollo del Programa de Salud Ocupacional de la obra	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Los trabajadores disponen de los equipos de protección personal de acuerdo con el oficio desempeñado	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
Verificar la aplicación de normas y procedimientos de trabajo seguro para los procesos y actividades de mayor riesgo	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____
La señalización de los frentes de trabajo de la obra es adecuada según norma vigente	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué _____

Verificar la disposición y manipulación adecuada de materiales en la obra	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué_____
Verificar que los vehículos ofrecidos para transporte del personal cumplan las condiciones de seguridad requeridas	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué_____
Existen en la obra facilidades y personal para prestar los primeros auxilios	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué_____
Si en los frentes de trabajo existe el riesgo de incendio, verifique los sistemas de prevención y control	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué_____
Las instalaciones cumplen con los principales aspectos en cuantos a áreas, alturas, iluminación y ventilación.	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué_____
Los campamentos disponen de agua potable, unidades sanitarias, almacenamiento y disposición final adecuada de desechos sólidos y de tóxicos	Cumple ☐ No cumple ☐ Por qué_____
Observaciones Generales:	
Supervisor:	
Firma:	

Nota: formato supervisión actividades en seguridad y salud ocupacional.

5. Conclusiones

- En el periodo 2020–2021, se llevaron a cabo cinco proyectos de implementación de sistemas fotovoltaicos en la región caribe colombiana, celebrados mediante contratación pública por un monto total de \$2.224. 682.120 y una capacidad instalada 9.436 kWh/d de generación de energía eléctrica. Dos de ellos se realizaron en el departamento de Magdalena, uno en el departamento de Cesar, otro en el departamento de Sucre, con el fin de brindar soluciones de energía alternativa para un total de 1895 viviendas en zonas no interconectadas, y finalmente uno en el departamento de Bolívar para la generación de

energía renovable basada en tecnología solar fotovoltaica conectadas a la red en seis instituciones públicas del municipio.

- Se logró identificar los diferentes procesos de interventoría en la implementación de sistemas fotovoltaicos de los periodos 2020- 2021 en la región caribe colombiana, durante la investigación se evidenció que estos procesos se clasifican en: Interventoría administrativa, técnica, financiera y ambiental; así mismo se dividen en las tres etapas del proceso: inicio, ejecución y entrega, con el fin de garantizar una revisión detallada de cada parámetro que permita su normalización e implementación en cada proyecto, por ello, se desarrolló un diagrama de proceso.
- Tras la revisión normativa, se afianzar aspectos en los cuales no existe normativa de referencia, por ejemplo, valoración normativa y sancionatoria que identifique la calidad de los materiales, mejoramiento tecnológico, procesos constructivos sostenibles y sistemas de mantenimiento. Por esta razón, para futuras investigaciones se sugiere tratar los costos asociados a estos aspectos, que parecen técnicos, pero que deben relacionarse con la interventoría administrativa.
- Finalmente, se concluye que, la guía de interventoría aplicada a proyectos que implementen sistemas fotovoltaicos contribuye a mejorar la calidad de la supervisión, estableciendo criterios que facilitan la labor a desarrollar por cada interventor independientemente de la tipología de contratación; ya que permite normalizar las actividades a desarrollar.
- En el proceso de investigación, se desarrolló y aplicó una guía propia la cual especifica los elementos básicos de la lista de chequeo, que debe tener la guía de interventoría administrativa. Sin embargo, cabe resaltar que esta guía es un documento susceptible a cambios y modificaciones que se pueden desprender de: correcciones, observaciones,

actualización de normas y ajustes a las políticas institucionales, dentro de los estándares de calidad establecidos en cada proyecto.

Referencias

Abella, M. (2016). *Dimensionado de Sistemas Fotovoltaicos: Otros métodos de dimensionado de sistemas FV autónomos.* API. EOI. ES

http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:45340/componente45338.pdf

Alcaldía de Aracataca. (2020). *Concurso de Mérito CMA-004-2020.* Procuraduría. https://www.procuraduria.gov.co/portal/?option=co.gov.pgn.portal.frontend.component.pagefactory.ContratacionComponentPageFactory&action=view_proceso&cont=2247

Alcaldía de Barranquilla. (2022). *Barranquilla inicia la era de luz solar con el programa de energías renovables.* Barranquilla. <https://www.barranquilla.gov.co/gerencia-ciudad/barranquilla-inicia-la-era-de-luz-solar-con-el-programa-de-energias-renovables>

Alcaldía De Ovejas. (2020). *Concurso de Méritos Abierto. Secretaría de Planeación e Infraestructura.* Ovejas Sucre. <http://www.ovejas-sucre.gov.co/convocatorias/aviso-de-convocatoria-concurso-abierto-de-meritos-proveer>

Alcaldia De Becerril. (2021). *Concurso De Méritos Abierto Cma-001-2021.* https://www.contratos.gov.co/consultas/detalleProceso.do?numConstancia=21-15-11641135&g-recaptcha-response=03AGdBq25Gel1tiz4HjMX4V-ULiVkfZwzph_KlMNih7yVy91CxwKx6uHhfW4aTZZvCDhDmmytO_tSLGKDGi8LlWEFCQjCOTiOzl_nA1Ck3gsrtk9CoK5ywVw60aC7zjGQ-E80Fa-VGDJn_-Nlp0nsqx6IS1cglsUkHzDC4cX97uQDUlbAItCnV7xdjxKeoKKKVaDI8XXNKt6j8HHm2xLM8-HqH3oUPGg4Ku7W3b3fnlcBnyfQWvkrCN5xjquUPsq472A1RlZGpe5TOb9WDGoW6

5x8pPfv-K_ln4tXsnAmbVzUlK6Wp7278_n066TxPlLU3oQOSMS1s9nfbxispE-

E37tRX-

W91uhqMEWuvbGB7RLedw3GZbA9sPrkBZHnoPDnrpx90ehcUnKDI_ISxvaD2XB9bs

WJG70z0kLOtO66boBBGQPUISTXPxy7mHHHzTbIRPiZnm9J0gsfcQ2AxMLsxl83nB

RdgMce6sdvKmOZHcsgNxQCDMXOiHo

Alcaldía Municipio de Cantagallo. (2021). Concurso Abierto Cm - 001 De 2021. Gobernación de Bolívar. <http://www.cantagallo-bolivar.gov.co/>

Alcaldía Municipio De Zona Bananera. (2021). Concurso de Méritos Abierto Sp-Cma-001-2021. <https://www.zonabananera-magdalena.gov.co/Transparencia/Paginas/Convocatorias.aspx>

Apruzzese, J. N. (2008). *Diseño y realización de un convertidor multinivel cc-cc-ca en cascada para la conexión a red eléctrica de sistemas fotovoltaicos*. [Tesis de Pregrado, Universidad Politécnica de Catalunya]. UPCommons. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/5805>

Banco Mundial. (2020). *Perspectivas de la población mundial. División de Población de las Naciones Unidas*. Banco Mundial. <https://datos.bancomundial.org/indicador/SP.POP.TOTL>

BBVA. (2022). Qué es la energía solar. BBVA. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-energia-solar/>

Borrero, J. E., Carvajal, S. & Patiño, D. A. (2020). *Realización de un estudio que permita el diseño de un modelo de interventoría para el proyecto adopción de nuevas alternativas de generación energética para tres sedes de Comfenalco Valle de la gente mediante sistemas solares fotovoltaicos conectados a red (SSFVCR)*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional UNAD. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/34718>.

- Botero, S., Atencio, F., Tafur, J., & Palma, H. G. H. (2021). Proceso vital en la gestión educativa: Herramienta de alta calidad hacia la sostenibilidad ambiental. *Revista de ciencias sociales*, 27(2), 309-321. <https://www.redalyc.org/journal/280/28066593022/28066593022.pdf>
- Cabello Eras, J. J. (2021, Octubre 24). Región Caribe: protagonista de la transición energética en Colombia. *Revista Semana*. <https://www.semana.com/mejor-colombia/articulo/region-caribe-protagonista-de-la-transicion-energetica-en-colombia/202100/>
- Celsia. (2018). Todo lo que debes saber sobre energía solar en Colombia. <https://eficienciaenergetica.celsia.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-energia-solar-en-colombia/>
- Contreras-Salinas, J., Lopez, F., Rondon-Rodriguez, C. A., Palma, H. G. H., & De-La-Hoz-Hernandez, J. D. (2020). Analysis of Energy Consumption in Colombia Using the Holt Method. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(6), 679. <https://doi.org/10.32479/ijeep.8221>
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). *Instalación de sistemas solares fotovoltaicos individuales en zonas no interconectadas*. Ministerio de Minas y Energía. Proyectostipo. https://proyectostipo.dnp.gov.co/index.php?option=com_k2&view=item&id=136:21-instalacion-celdas-solares-en-zonas-no-interconectadas&Itemid=213
- Espitia Rey, C. (2017). *Guía Metodológica Para La Implementación De Sistemas Fotovoltaicos A Pequeña Escala En Colombia*. [Tesis de Maestría, Universidad de Santander]. Repositorio Universidad de Santander. <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/659>
- Pedraza Ferreira, P. P., Rodriguez, R., Lizarazo, V. (2017). *Manual de supervisión e interventoría de obras públicas*. [Tesis de Maestría, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10349>

- Fondo de Inclusión Social Energético. (2019, Mayo 2). Colombia y su gran potencial para la energía solar. FISE. <https://fise.co/noticias/colombia-y-su-gran-potencial-para-la-energia-solar/#:~:text=El%20promedio%20es%20de%204.5,solar%20fotovoltaica%20a%20nivel%20mundial4>.
- Foro Nuclear. (2022). ¿Qué es la energía solar y cómo se aprovecha?. FORONUCLEAR. <https://www.foronuclear.org/descubre-la-energia-nuclear/preguntas-y-respuestas/sobre-distintas-fuentes-de-energia/que-es-la-energia-solar-y-como-se-aprovecha/>
- Garcia-Samper, M., Manotas, E. N., Ramírez, J., & Hernández-Burgos, R. (2022). Cultura organizacional verde: análisis desde las dimensiones de sostenibilidad corporativa. *Información tecnológica*, 33(2), 99-106. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200099>
- Gómez, J., Murcia, J., & Cabeza, I. (2017). *La energía solar fotovoltaica en Colombia: Potenciales, antecedentes y perspectivas*. [Tesis de Pregrado, Universidad Santo Tomás]. Repositorio Institucional Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10312>
- Hernandez, L., Hernandez, H., Orozco, M., Piñeres, G., & Garcia-Guilianny, J. (2020). Measurement of energy efficiency metrics of data centers. case study: higher education institution of Barranquilla. En R. Silhavy, P. Silhavy, & Z. Prokopova (Eds.), *Software Engineering Perspectives in Intelligent Systems. CoMeSySo 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing*: Vol. 1295. (pp. 23-35). Springer, https://doi.org/10.1007/978-3-030-63319-6_3
- Iberdrola. (2022). Que es la energía fotovoltaica. <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/que-es-energia-fotovoltaica>

- Manotas, E. N., Redondo, R. P., Contreras, J. L., Cardenas, M. J., & Palma, H. H. (2021). Renewable Energies and their Advantages for the Sustainability of Companies in the Health Sector. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(5), 531-537. <https://ideas.repec.org/a/eco/journ2/2021-05-60.html>
- Marín, E., & Quintero, D. (2017). *Metodología Para El Desarrollo De Proyectos De Energía Solar Fotovoltaica Y Eficiencia Energética En El Sector Rural Del Eje Cafetero*. [Tesis de Pregrado, Universidad Tecnológica De Pereira]. Repositorio Universidad Tecnológica De Pereira. <https://hdl.handle.net/11059/8002>
- Martínez-Sierra, D., García-Samper, M., Hernández-Palma, H., & Niebles-Nuñez, W. (2019). Gestión energética en el sector salud en Colombia: un caso de desarrollo limpio y sostenible. *Información tecnológica*, 30(5), 47-56. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000500047>
- Ministerio de Minas y Energía. (2021). Boletín estadístico UPME 2016-2020. Unidad de Planeación Minero Energética. https://www1.upme.gov.co/PromocionSector/SeccionesInteres/Documents/Boletines/Bol etin_Estadistico_ME_2016-2020.pdf
- Morales, A. S., & Gómez, O. M. (2020). Síntesis de la Normatividad Colombiana Para Instalaciones Solares Fotovoltaicas. [Libro blanco]. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. https://cici.unillanos.edu.co/media2018/memorias/CICI_2018_paper_12.pdf
- Niebles-Nunez, W., Niebles-Nunez, L., & Babilonia, L. H. (2022). Energy Financing in Colombia: A Bibliometric Review. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 12(2), 459-466. <https://doi.org/10.32479/ijeep.12819>

- Organización de las Naciones Unidas. (2015). Objetivos de Desarrollo Sostenible. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. <https://www1.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Organización de las Naciones Unidas. (2020). Crece la generación de electricidad con fuentes renovables en 2019. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). UNEP. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/crece-la-generacion-de-electricidad-con-fuentes-renovables-en-2019>
- Palma, H. H., Pitre, R., & Martínez, N. M. S. (2020). Nuevas tendencias para una logística sostenible con el medio ambiente. *Ingeniare*, 28, 63-72. DIALNET. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8051525>
- Paredes, É. D. (2019). Barranquilla, con mayor potencial para “sembrar” plantas solares. <https://unperiodico.unal.edu.co/pages/detail/barranquilla-con-mayor-potencial-para-sembrarplantassolares/#:~:text=De%20esta%20manera%20se%20determin%C3%B3,en%20Tumaco%20alrededor%20de%2040>
- Rodríguez, A. M. B., Castillo, J. P., & Palma, H. H. (2018). Design of a lowspeed electrical generator with automatic load shedding and powered by non-conventional energy sources. *Contemporary Engineering Sciences*, 11(80), 3971-3980. <https://doi.org/10.12988/ces.2018.88429>
- Rodriguez, A. M. B., Palma, H. H., Toscano, A. R., & de la Hoz, H. J. D. (2018). The Importance of the Generation of Energy Alternatives for Sustainability. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(45), 1-5.

- Salamanca, S. (2017). Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá. *Revista Científica*, 30(3), 263-277.
<https://doi.org/10.14483/23448350.12213>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández Collado, C., Y Baptista Lucio, P. (2018). *Metodología de la investigación*. McGraw-Hill Interamericana.
<http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1210>
- Semana. (2020, Octubre 10). Costos de la energía solar alcanzan los niveles más bajos jamás vistos. *Revista Semana*: <https://www.semana.com/empresas/articulo/costos-de-la-energia-solar-en-el-mundo-para-2020/303307/>
- Silva, O. (2020, Julio 20). Tipos de interventoría en un proyecto.
<https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/tipos-de-interventoria-en-un-proyecto>
- Tamayo, M. T. (2004). *El proceso de la investigación científica*. Limusa. <http://up-rid2.up.ac.pa:8080/xmlui/handle/123456789/1595>
- Valenzuela, J. (2019). *Guía técnica de interventoría y supervisión para diseños y obras sostenibles de edificios públicos de bajo costo en Colombia*. [Tesis de Maestría, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia.
<https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/25076>
- Vizhco Quizhpi, A. V., & Quintero Henriquez, D. P. (2021). *Diseño de integración arquitectónica de un sistema fotovoltaico en el edificio de la facultad de Matemáticas de la Universidad De Guayaquil*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Guayaquil]. Repositorio Universidad de Guayaquil. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/57441>
- Wahyuni, N., Wulandari, S., Wulandari, E., & Pamuji, D. (2015). Integrated Communities for the Sustainability of Renewable Energy Application: Solar Water Pumping System in

Banyumeneng Village, Indonesia. Energy Procedia, 79, 1027-1032.

<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.11.604>

Apéndices

Apéndice A *Iniciación del proyecto*

Ítem	Sí	No	Cuál
Contrato de obra y de interventoría.			
Normatividad vigente			
Acta de iniciación del contrato			
Estudios previos			
Licencias y autorizaciones			
Cálculos, especificaciones, diseños y planos.			
Legalización de predios.			
Hojas de vida del personal contratado			
Relación de equipo y materiales disponibles			
Análisis de precios unitarios			
Programa de obra y de Inversiones			
Plan de calidad (en medio físico y magnético)			
Flujo de caja del proyecto			
Actas de vecindad (con registro fotográfico)			
Localización y condiciones técnicas del proyecto.			
Afiliación del personal al Sistema General de Seguridad Social (salud, pensiones y riesgos profesionales).			
Plan de inversión del anticipo			
Acercamiento a la comunidad			

Apéndice B *Caracterización de la demanda energética*

Ítem	Sí	No	Cuál
Determinación de la energía eléctrica diaria a consumir.			
Estimación teórica de la radiación solar disponible			
Calcular el número de módulos solares requeridos, en función de la radiación media anual, la potencia y el rendimiento de los paneles.			
Dimensionar el inversor con base en la tensión de entrada			
Dimensionar el cableado			
Especificar las baterías			

Nota: formato de Caracterización de la demanda energética.

Apéndice C *Verificación de estudios técnicos, financieros y ambientales*

Ítem	Sí	No	Cuál
Diseño conceptual y características técnicas del proceso.			
Localización y tamaño del proyecto.			
Cálculos del consumo energético demandado			
Modelo de sistema fotovoltaico a instalar			
Zona y datos de incidencia solar.			
Fichas técnicas de los equipos a utilizar.			
Estimación de costos de inversión del proyecto.			
Clasificación de costos.			
Análisis cuantitativo de riesgos.			
Fuentes de fondos.			
Flujos de caja			
Estimación de costos de operación y mantenimiento del proyecto.			
Análisis ambiental del ciclo de vida del sistema.			
Emisiones al aire.			
Residuos sólidos.			
Residuos por uso de agua.			
Daños a suelos.			
Descripción y categorización de impactos ambientales.			
Estrategias de mitigación del impacto ambiental.			

Nota: formato de verificación de estudios técnicos, financieros y ambientales.

Apéndice D *Evaluación del proyecto*

Ítem	Sí	No	Cuál
Especificaciones técnicas del objeto contratado.			
Actividades administrativas.			
Actividades legales.			
Actividades financieras y presupuestales.			
Correcta ejecución del objeto contratado.			
Cumplimiento de plazos y términos contractuales.			
Identificar obras faltantes y deficiencias en el proceso			

Nota: formato de evaluación de proyectos.

Apéndice E *Seguimiento y control*

Ítem	Sí	No	Cuál
Análisis general del control de calidad de la obra.			
Recomendaciones complementarias.			
Evaluación de ensayos y control de calidad.			

Nota: formato de Seguimiento y control.

Apéndice F *Formato de Supervisión Periódico*

FICHA TÉCNICA DE SUPERVISIÓN PERIÓDICA		
Fecha de revisión:	Número de proceso:	Número de contrato:
Objeto del contrato:		
Estado del espacio exterior que rodea el sistema: Presencia de árboles, muros u objetos que perturben el ángulo de incidencia solar: Presencia de laderas o relieves artificiales: Estado de los componentes del sistema fotovoltaico: Inspección visual de los paneles: Inspección visual del inversor: Inspección visual de las baterías: Inspección de las conexiones eléctricas:	☐ sí ☐ no ☐ sí ☐ no	
Registro Fotográfico:		
Observaciones Generales:		
Supervisor:		
Firma:		

Nota: formato técnico de supervisión periódico. Elaboración propia.