

♦ ♦ ♦ ♦

**DIAGNÓSTICO TÉCNICO SOLUCIÓN
ENERGÉTICA INTEGRADA PARA LAS
ENTIDADES PÚBLICAS DEL
MUNICIPIO DE YUMBO**

♦ ♦ ♦ ♦

YUMBO SEPTIEMBRE 9 DE 2024

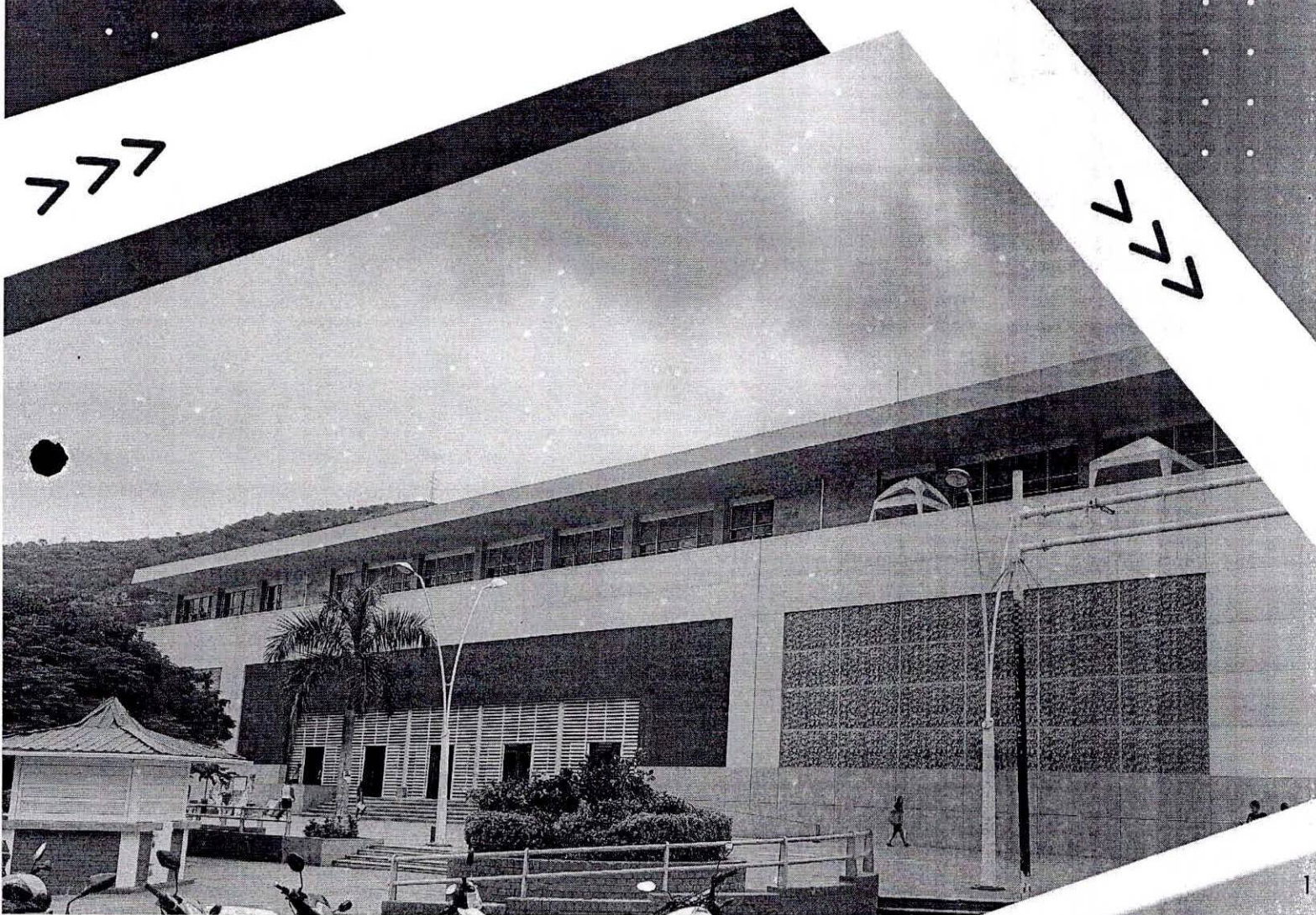




Tabla de contenido

1. Objetivos generales y específicos:	5
Objetivo general:	5
1.1 Objetivos específicos:	5
2. Justificación:	5
3. Infraestructura pública a impactar:	6
4. Análisis técnico solución energética integrada (SEI) municipio de yumbo:	6
4.1 Análisis técnico alternativa de solución	6
4.1.1. Soluciones energéticas integrales (SEI):	6
5. Auditoria energética:	9
5.1 Eficiencia energética:	12
5.2 FNCER:	16
5.3 Cronograma de ejecución alternativa de solución	23
5.4 Análisis de riesgos alternativa de solución	24
5.5 Productos esperados	29
6. Bibliografía	35



Lista de Tablas

Tabla 1 – Resumen infraestructura a impactar.	6
Tabla 2 – Caracterización de los usuarios de energía de la infraestructura pública a impactar con el proyecto.	9
Tabla 3 – Demanda de energía por tipo de infraestructura del municipio de Yumbo.	10
Tabla 4 – Cronograma de ejecución del proyecto.	23
Tabla 5 – Matriz de valoración probabilidad e impacto.	24
Tabla 6 – Matriz de riesgos del proyecto.	25
Tabla 7 – Productos esperados.	26
Tabla 8 – Equipos potencial eficiencia energética.	30
Tabla 9 – Indicadores de desempeño Solución Solar Fotovoltaica.	31
Tabla 10 – Matriz marco legal del proyecto	31

Lista de Gráficas

Gráfica1 – Demanda de energía por tipo de infraestructura del municipio de Yumbo.	10
Gráfica 2 – Caracterización energética de la infraestructura pública del municipio de Yumbo por uso y consumo.	11
Grafica 3– Pareto de oportunidades de mejora del desempeño energético del municipio de Yumbo.	12
Gráfica 4 – Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos de entidades con horario de oficina	21
Gráfica 5 – Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos de las instituciones educativas	21
Gráfica 6 – Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos del hospital	22
Gráfica 7 – Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos de escenarios deportivos al aire libre.	22



Lista de Figuras

Figura 1 – Triada de la seguridad energética	7
Figura 2 – Composición de una solución energética integral	8
Figura 3 – Etapas de implementación de la SEI en Yumbo	8
Figura 4 – Capacidad instalada en Watts por tonelada de refrigeración	14
Figura 8 – Evolución de la tecnología de iluminación en aspectos de eficacia lumínica.	14
Figura 5 – Evolución de la tecnología y eficiencia energética de las neveras.	15
Figura 6 – Código de colores del etiquetado energético según el RETIQ	16
Figura 7: Irradiación global horizontal en Colombia.	18
Figura 8 – Esquema de una SSFV on-grid.	20

Lista de Anexos

Anexo 1 – Estudio eficiencia energética
Anexo 2 – Estudio sistema solar fotovoltaico
Anexo 3 – Ahorro energía eficiencia energética
Anexo 4 – Ahorro energía sistema solar fotovoltaico
Anexo 5 – Resumen ahorro energía solución energética integrada



1. OBJETIVOS GENERAL Y ESPECIFICOS:OBJETIVO GENERAL:

Reducir el costo y el consumo excesivo de energía eléctrica en la infraestructura pública del Municipio de Yumbo, promoviendo la eficiencia energética y el uso de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), para mejorar la sostenibilidad ambiental y financiera del municipio.

1.1 OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Mejorar la gestión energética de la infraestructura pública del municipio de Yumbo a través del cambio o instalación de nuevos equipos que sean más eficientes energéticamente (EE).
- Diversificar la matriz energética de las edificaciones a través de sistemas solares fotovoltaicos (SSFV), con el propósito de disminuir el costo de la factura de energía eléctrica.
- Mejorar e incentivar prácticas de gestión eficiente y racional de energía entre los funcionarios de las entidades y usuarios de las edificaciones.

2. JUSTIFICACIÓN:

El presente estudio técnico se sustenta en las políticas y metas establecidas en el Plan de Desarrollo Nacional 2023-2026, específicamente en el marco de la transformación productiva, la internacionalización y la acción climática. Este plan tiene como objetivo fundamental impulsar una transición energética hacia una economía verde y sostenible en Colombia. Adicional a lo anterior la Ley 2294 de 2023 la cual sanciona el PND (2023-2026) modifica el artículo 30 de la ley 1715 de 2014 así: "El Gobierno nacional, y el resto de las administraciones públicas, en un término no superior a un (1) año a partir de la entrada en vigor de la presente Ley realizarán una auditoría energética de sus instalaciones, con una periodicidad de cada cuatro (4) años y establecerán objetivos de ahorro de energía a ser alcanzados a través de medidas de eficiencia energética y la implementación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable - FNCER. Cada entidad deberá implementar en el siguiente año posterior a las auditorías energéticas, estrategias que permitan un ahorro en el consumo de energía de mínimo 15% respecto del consumo del año anterior, y a partir del segundo año, metas sostenibles definidas por la auditoría y a ser alcanzadas más tardar en el año 2026."

Además, como se expuso anteriormente, el Decreto 2143 de 2020 del Ministerio de Minas y Energía, establece lineamientos para la gestión energética en las entidades públicas, con el objetivo de promover la eficiencia energética y el uso racional de la energía en el sector público.

En línea con lo anterior, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) define a las auditorías energéticas como una herramienta clave para promover la eficiencia energética en entidades públicas y en el desarrollo de su misionalidad, además ha publicado una Guía Metodológica para la Realización de Auditorías Energéticas, que establece un marco de referencia para llevar a cabo auditorías energéticas de manera sistemática y eficiente, ofreciendo un procedimiento estandarizado para identificar, analizar, y proponer medidas de mejora en el uso de la energía, en entidades públicas, abordando aspectos que van desde la recolección de información energética, la evaluación del desempeño energético actual, la identificación de oportunidades de ahorro energético, el análisis de viabilidad técnica y económica de las medidas propuestas, hasta la implementación y seguimiento de las mejoras.

Además, el estudio técnico también se enmarca dentro del Plan de Desarrollo de Yumbo, en el Reto No. 5, el componente "Yumbo con Desarrollo Sostenible y la Preservación del Medio Ambiente"; específicamente en la Línea 2. Aplicación y fortalecimiento de prácticas y técnicas ambientalmente sostenibles.

3. INFRAESTRUCTURA PÚBLICA A IMPACTAR:

Con este proyecto se espera beneficiar 70 edificios públicos (45 sedes educativas, 5 sedes administración central, 6 sedes hospitalarias, 7 escenarios deportivos IMDERTY, 2 sedes culturales IMCY, 2 sedes educación continua IMETY, 3 sedes de bienestar social).

Tabla 1 - Resumen infraestructura a impactar.

Tipo de sede	Cantidad
Sedes Educativas.	45
Sedes Deportivas "IMDERTY".	7
Sedes Culturales "IMCY".	2
Sedes de Educación Continua "IMETY".	2
Sedes Bienestar Social.	3
Sedes Hospitalarias.	6
Sedes Administración Central.	5
Total	70



Fuente: Elaboración propia

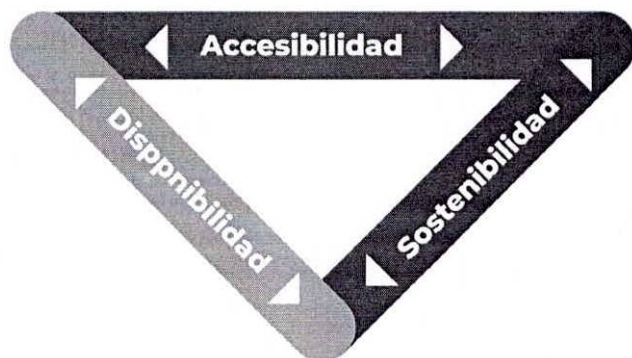
4. ANÁLISIS TÉCNICO SOLUCIÓN ENERGÉTICA INTEGRADA (SEI) MUNICIPIO DE YUMBO:

4.1. ANALISIS TECNICO ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

4.1.1 SOLUCIONES ENERGETICAS INTEGRALES (SEI):

Las soluciones energéticas integrales se conciben como un enfoque holístico para satisfacer las necesidades energéticas de una entidad, mediante la combinación de fuentes convencionales de energía con fuentes no convencionales y estrategias de usos eficientes de la energía. Esta solución no se limita al aspecto del suministro energético, sino que aborda los aspectos inherentes de la seguridad energética (IEA (International Energy Agency). (2023). "World Energy Outlook 2023.") alineándose con objetivos de optimización del uso de la energía que redundan en la reducción de costos, mitigación del impacto ambiental y mejoramiento de la sostenibilidad (ver grafica 1).

Figura 1 - Triada de la seguridad energética



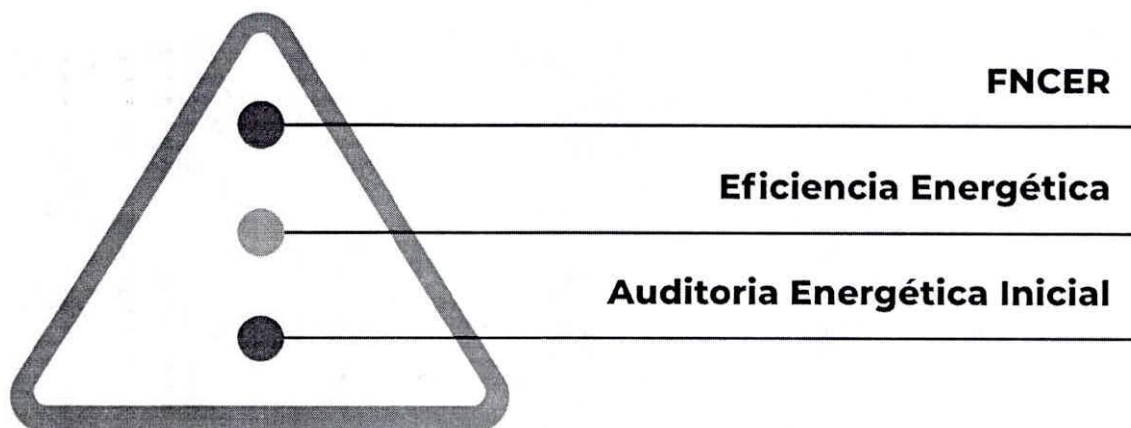
Fuente de elaboración propia

El concepto de seguridad energética enmarca tres aspectos concatenados que equilibran la necesidad de un suministro energético confiable con los objetivos de accesibilidad económica y sostenibilidad ambiental, abordados con la implementación de las soluciones energéticas integrales. La disponibilidad se refiere a la capacidad de garantizar un suministro constante y suficiente de energía para satisfacer las necesidades actuales y futuras. Esto incluye la diversificación de fuentes de energía, la estabilidad

de las infraestructuras energéticas y la capacidad de producción y distribución. La accesibilidad, se enfoca en la capacidad de los usuarios para acceder a la energía a un costo razonable y de manera equitativa. La accesibilidad incluye la asequibilidad del precio de la energía y la infraestructura para tener acceso al suministro energético. Por su parte, la sostenibilidad, se refiere a la capacidad de producir y consumir energía de manera que se minimicen los impactos negativos en el medio ambiente y se asegure la viabilidad a largo plazo de las fuentes de energía. La sostenibilidad incluye el uso de energías renovables, la eficiencia energética, y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

En línea con la seguridad energética, la implementación de SEI (Soluciones Energéticas Integrales) en la infraestructura pública del Municipio de Yumbo resulta relevante, toda vez que se constituye en una fórmula efectiva para la reducción del gasto público y dar alcance a las metas de sostenibilidad de la administración pública. La importancia de una solución energética integral radica en su estructura con la que se propende por reducir la demanda de energía y la autogeneración parcial de la energía impactando en sus costos operativos, así como también en sus emisiones directas e indirectas de GEI a la atmosfera. En la figura 2 se muestra la composición de una SEI y se aprecia que la auditoria energética inicial es el componente base de la SEI y sobre ella se soportan y justifican todas las acciones, planes e inversiones, que nos llevarán al cumplimiento de los objetivos de uso racional de la energía, reducción de costos operativos y reducción de las emisiones de GEI a la atmosfera.

Figura 2 - Composición de una solución energética integral

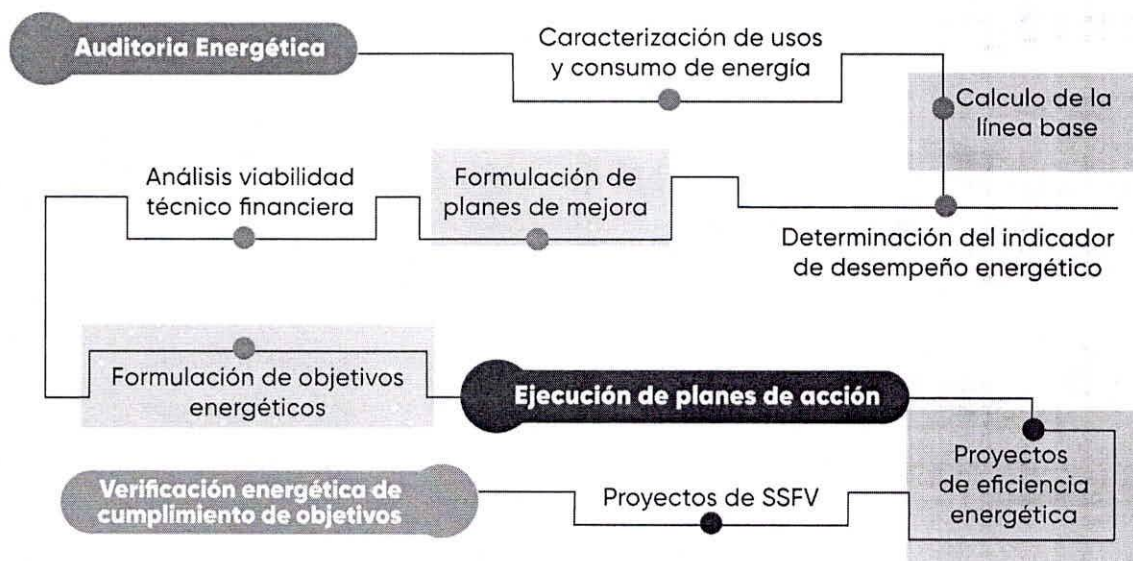


Fuente: elaboración propia



La implementación de una solución energética integral requiere la ejecución ordenada y metódica de etapas como se muestra en la figura 3, que van desde una auditoria energética en la que se identifican áreas de mejora y se definen objetivos y metas energéticas hasta la implementación de las acciones de mejora del desempeño energético, que consisten en cambios de equipos con tecnología energéticamente más eficientes y la autogeneración de energía a partir de FNCER.

Figura 3 - Etapas de implementación de la SEI en Yumbo



Fuente: elaboración propia

5. AUDITORIA ENERGÉTICA:

En la auditoria energética, se devela la información energética inherente a la operación de la entidad pública. Un primer aspecto de la información energética abarca la caracterización del uso de la energía por usuarios y sus regímenes de usos finales y consumos significativos de la energía. Para el caso del municipio de Yumbo, tenemos 7 tipos de usuarios, cada uno con un régimen particular de uso de la energía, tal como se muestra en la gráfica 1, en la que apreciamos por medio de barras ordenadas por la porción del total de la energía, de mayor a menor, iniciando por el grupo de la administración, en segundo puesto las instituciones educativas, seguidas por las entidades prestadoras de servicios de salud y los escenarios de recreación y deporte. Con un consumo de energía mucho menor, continuamos con los espacios de cultura, educación no formal y por último bienestar social.

Los regímenes de usos y consumos de energía por parte de los usuarios están parametrizados por la capacidad instalada en equipos de uso final de la energía, la cantidad de horas diarias y los días en que



las entidades y escenarios están abiertos al servicio del público. En la siguiente tabla 2 se muestran los usos de energía, las horas y los días en que las entidades generalmente están prestando sus servicios.

Tabla 2 - Caracterización de los usuarios de energía de la infraestructura pública a impactar con el proyecto.

Usuarios.	Uso final de la energía significativo.	Horas en servicio al día.	Días de servicio.
Administración.	Climatización, Iluminación interior.	Horas de oficina.	Todos los días menos sábados, domingos y feriados.
Instituciones Educativas.	Climatización, Iluminación interior.	Horas de clases.	Todos los días menos sábados, domingos, feriados y temporadas de receso escolar.
Salud.	Climatización, tomas de fuerza, iluminación.	Todo el día.	Todos los días.
Recreación y deporte.	Iluminación exterior.	Desde las 5:00 am hasta las 10:00 pm.	Todos los días.
Cultura.	Climatización.	Horario de oficina.	Todos los días.
Educación no formal.	Climatización.	Horario de clases.	Todos los días menos sábados, domingos, feriados y temporadas de receso escolar.
Bienestar social.	Climatización.	Horario de oficina.	Todos los días menos sábados, domingos y feriados.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 3 - Demanda de energía por tipo de infraestructura del municipio de Yumbo.

Usuarios	Cantidad	Demanda de energía en kWh/Mes
Sedes Educativas.	45	96.771
Sedes Deportivas "Imderty"	7	60.740
Sedes Culturales "Imcy"	2	10.680
Sedes De Educación Continua "Imety"	2	7.093
Sedes Bienestar Social.	3	2.860
Sedes Hospitalarias.	6	76.475
Sedes Administración Central.	5	141.600
Total	70	396.219

Fuente: Elaboración propia

Gráfica1 - Demanda de energía por tipo de infraestructura del municipio de Yumbo.



Fuente: Elaboración propia

Teniendo claro el régimen de uso de la energía, se realiza un arqueo de cómo se distribuye el consumo

total energético de cada entidad entre los usos finales de la energía, tales como iluminación, HVAC, sistemas de cómputo, fuerza motriz, refrigeración y conservación de alimentos, etc. Para el caso de Yumbo, podemos apreciar en la gráfica 2 la caracterización energética por usos y consumos de energía, marcada por una alta demanda de aproximadamente 57% del total de la energía por usos de aires acondicionados. Le sigue un uso por iluminación interior y exterior que demanda un 24% del total de la energía y un 14% por el uso de tomas de fuerza que por lo general prestan conexión a sistemas de cómputo, de telecomunicaciones, sistemas de bombeo con o sin asistencia de sistemas hidroneumáticos.

Gráfica 2 - Caracterización energética de la infraestructura pública del municipio de Yumbo por uso y consumo.



Fuente: Elaboración Propia basado en el análisis de la facturación y un censo de equipos

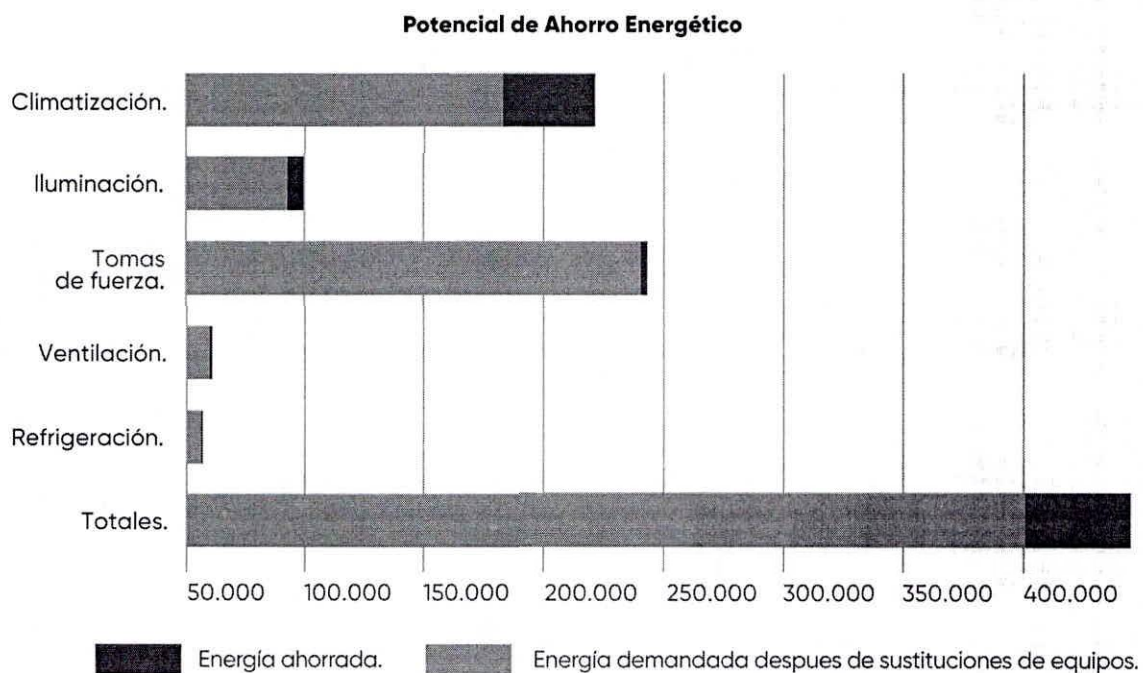
De igual forma también se contabiliza y se caracteriza las fuentes de energía, tales, como red eléctrica o como generadores en modo prime o stand by, discriminando los kWh tomados de la red y los kWh generados por cada unidad de combustible o energético.

Con base en esta información, se organiza un Pareto con los usos más significativos de la energía y se determina una línea base de consumo de energía, tal como se muestra en la gráfica 3. Para el caso del municipio de Yumbo, la sustitución de los aires acondicionados ineficientes tendría el mayor impacto



significativo en la mejora del desempeño energético, redundando en el ahorro de energía, entre los demás usos de la energía, le siguen en orden de mayor a menor impacto, la iluminación, la ventilación y la refrigeración. Ahora bien, en este Pareto se ha tenido en cuenta que, desde la administración, la reposición de activos por cumplimiento de vida útil, entre ellos los equipos de climatización e iluminación, se viene realizando por nuevos equipos con tecnologías ahorradoras de energía, como es el caso de la tecnología inverter en los aires acondicionados y el LED para la iluminación.

Grafica 3- Pareto de oportunidades de mejora del desempeño energético del municipio de Yumbo.



Fuente: Elaboración Propia basado en el análisis de la facturación y un censo de equipos

Se enumeran las oportunidades de mejora, se analizan desde aspectos de costo efectividad y se priorizan bajo este criterio. El producto final de la auditoria es una línea base de consumo de energía y unos objetivos trazados para ser cumplidos por medio del cumplimiento del plan de ejecución de las acciones que atienden cada una de las oportunidades de mejora priorizadas, que pueden ser de dos naturalezas, las acciones de eficiencia energética y la implementación de FNCER.

5.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA:

La eficiencia energética se refiere a la utilización de menos energía para realizar la misma tarea o producir el mismo resultado, optimizando el uso de los recursos energéticos disponibles. Es una práctica fundamental para reducir el consumo de energía y minimizar los costos operativos, al mismo tiempo que se disminuyen las emisiones de gases de efecto invernadero y otros impactos ambientales negativos.

Principios de la Eficiencia Energética

1. Reducción de Pérdidas: Minimizar la energía desperdiciada en procesos de generación, transmisión y uso final.
2. Optimización de Procesos: Mejorar los procesos industriales, comerciales y residenciales para que consuman menos energía.
3. Tecnología Eficiente: Utilizar equipos y tecnologías que requieran menos energía para funcionar.

Beneficios de la Eficiencia Energética

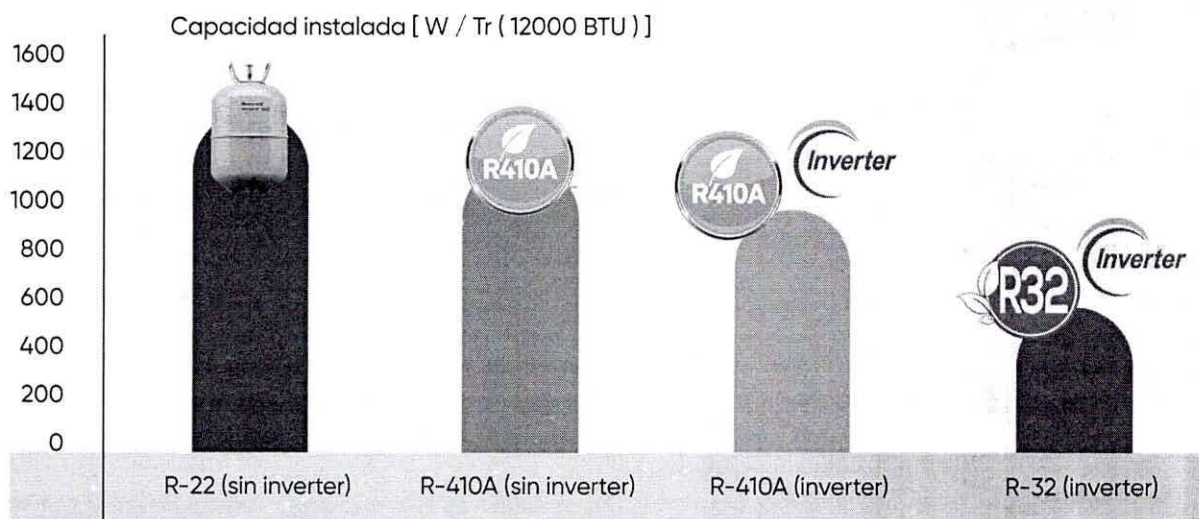
1. Ahorro Económico: Reducción de costos de energía en hogares, empresas e industrias.
2. Sostenibilidad Ambiental: Menor consumo de energía significa una reducción en la quema de combustibles fósiles y, por lo tanto, menores emisiones de gases de efecto invernadero.
3. Seguridad Energética: Disminución de la dependencia de fuentes de energía no renovables y aumento de la resiliencia ante fluctuaciones en los precios de la energía.
4. Mejora de la Calidad de Vida: Aumento del confort en espacios habitables y mejora de la productividad en entornos laborales.

En las entidades públicas del Municipio de Yumbo y como se muestra en la gráfica 2, la mayor oportunidad para mejorar el desempeño energético y ahorrar energía, está en los sistemas de aires acondicionados. A partir del censo de equipos levantados en las entidades públicas del municipio de



Yumbo, encontramos aires acondicionados de tecnologías ineficientes como es el caso de los equipos que aun usan el refrigerante R22. Podemos apreciar en la figura 4 que los aires acondicionados con gas refrigerante R22 como los encontrados en las entidades públicas del municipio de Yumbo, requieren de 1400 W para climatizar 1 tonelada de aire que por lo general equivale a un área de 16 metros cuadrados y los aires acondicionados inverter con gas refrigerante R410A como los equipos más nuevos también encontrados en las entidades, requieren de hasta un 40% menos de la energía demandada por los que usan R22. Por lo anterior la sustitución de los aires acondicionados que aun usan el refrigerante R22, respetando los diseños de climatización atendiendo parámetros de confort, por otros inverter que usan R410, se constituye en la acción de eficiencia energética más impactante en el municipio de Yumbo, toda vez que este es el uso de energía más significativo encontrado en el sector con un 57% del total de la energía demandada.

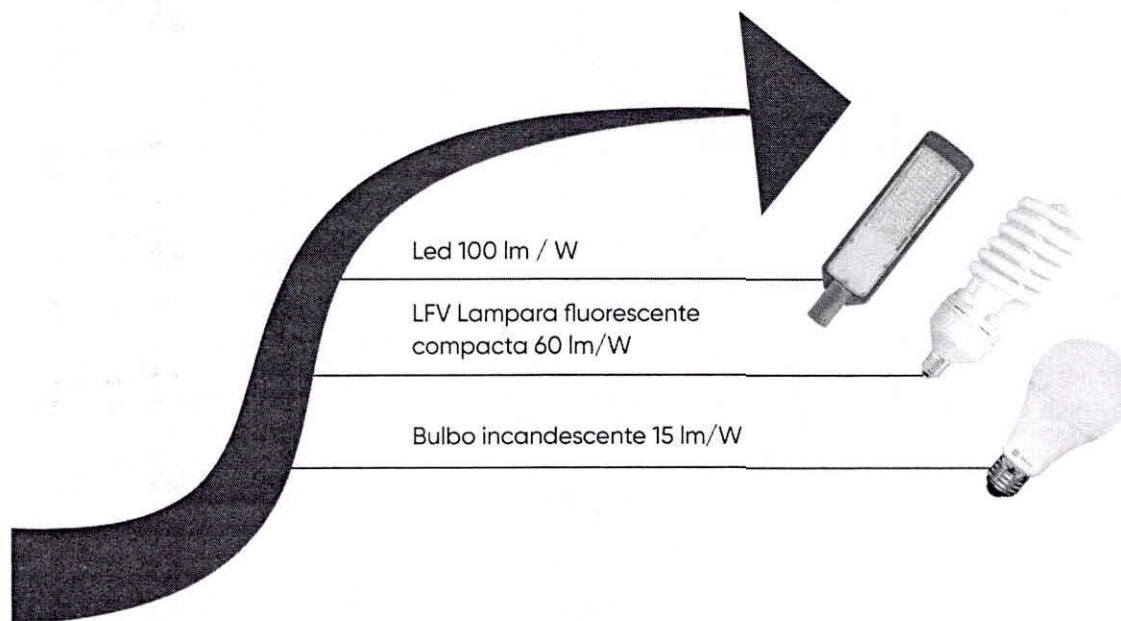
Figura 4 - Capacidad instalada en Watts por tonelada de refrigeración



Fuente: Elaboración propia

La segunda acción de eficiencia energética más impactante en el desempeño energético y por ende en el ahorro de energía, es el caso de la sustitución de luminarias ineficientes, por luminarias LED. Con la evolución de la tecnología de iluminación, ha ido aumentando la eficacia lumínica expresada en lúmenes (unidad de flujo luminoso) por Watt (unidad de potencia) instalado como se muestra en la figura 8.

Figura 8 - Evolución de la tecnología de iluminación en aspectos de eficacia lumínica.



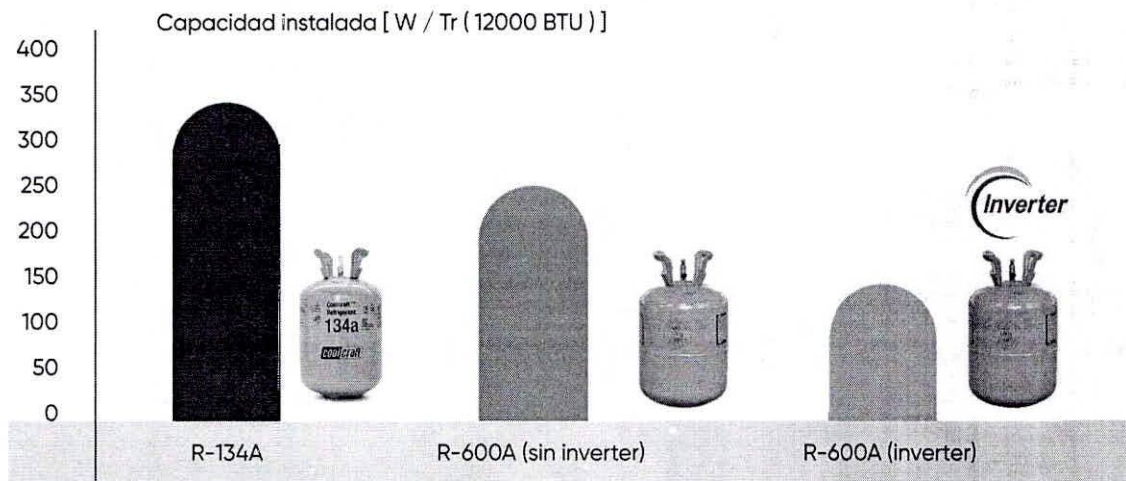
Fuente: Elaboración propia

Aunque desde la administración del municipio de Yumbo ya ha actualizado la tecnología de iluminación, ya sea haciendo la sustitución de luminarias o ya sea por medio de un retrofit de las luminarias existentes, todavía hay un potencial de mejora en los sistemas de iluminación que prestan su servicio en el sector público del municipio de Yumbo. Un caso práctico en el que podemos ver esta mejora es en la sustitución uno a uno en un espacio que antes estaba iluminado por lámparas fluorescentes de 4x18 W y en el que cada luminaria se sustituyó por un panel LED 40x40 de 30W. El resultado al final es un espacio óptimamente iluminado y con un ahorro de energía entre un 40% y un 50%.

Otra oportunidad de mejora la encontramos en la sustitución de las neveras y refrigeradores que usan el gas refrigerante R-134A y que se encuentran funcionando en algunas entidades del orden público. La tecnología de las neveras ha venido evolucionando con la introducción de nuevos refrigerantes más livianos que producen un menor esfuerzo en las unidades compresoras, que son el componente que más demanda energía una nevera. En la figura 5 podemos apreciar un comparativo del consumo de energía de una nevera de entre 200 y 300 litros con distintos tipos de refrigerantes y tecnologías de operación de la unidad compresora.



Figura 5 - Evolución de la tecnología y eficiencia energética de las neveras.



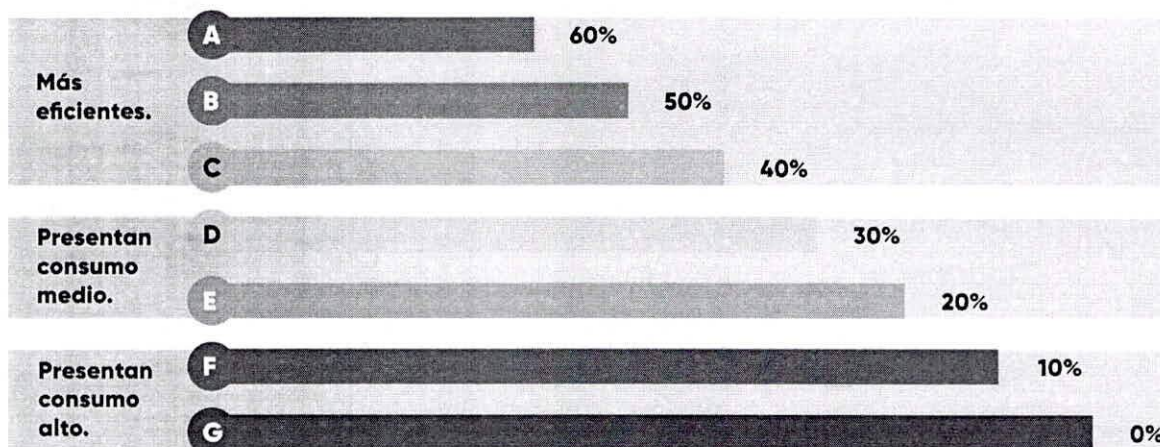
Fuente: Elaboración propia

En resumen las neveras de entre 200-300 litros, con refrigerantes R-134a (sin Inverter), poseen un consumo estimado: Aproximadamente entre 250 y 350 kWh/año, mientras que otra nevera con la misma capacidad volumétrica de enfriamiento con gas refrigerante R-600a (sin Inverter) demanda entre 150 y 250 kWh/año y otra con las mismas características y refrigerante R-600a pero con el sistema inverter tendría un consumo estimado entre 100 y 150 kWh/año, ahorrando hasta un 60% de la energía demandada por la nevera que usa R-134a.

Los índices de eficiencia energética son usados por los ingenieros para realizar y/o validar que los diseños de los distintos sistemas (sean de climatización, iluminación, ventilación, refrigeración) cumplan con los requisitos de y los objetivos para los cuales fueron diseñados con el menor consumo de energía, sin embargo, en Colombia se adoptó el reglamento de etiquetado energético RETIQ, el cual obliga a los comercializadores de electrodomésticos a pegar en un lugar visible la información energética relevante del equipo con un código de color que va desde el rojo hasta el verde oscuro acompañado de una letra desde la A a la G, que facilitan la identificación del índice de eficiencia del equipo, desde el más eficiente identificado con el color Verde y la letra A, hasta el menos eficiente en color Rojo y la letra G como se muestra en la figura 6.

La sustitución de equipos por criterios de eficiencia energética se implementa en paralelo con dos componentes, uno de capacitación y otro de disposición final de residuos. El primero, es transversal a todas las áreas estratégicas de la entidad, toda vez que el criterio de eficiencia energética debe quedar reflejado en las buenas prácticas de gobierno de la entidad, en la política de compra del área de adquisiciones y contratación y en los procedimientos y manuales de mantenimiento y operación de los sistemas de la entidad. El segundo, pasa a formar parte integral, del plan de manejo ambiental de la entidad. Por otra parte, la sustitución de equipos es un modelo replicable en los hogares de cada uno de los funcionarios de la entidad, lo cual se constituye en un factor multiplicador de los efectos positivos inherentes a las soluciones integrales energéticas.

Figura 6 - Código de colores del etiquetado energético según el RETIQ



Fuente: Elaboración propia

5.2 FNCER:

Finalmente, el componente de FNCER, consiste en la instalación de un sistema de autogeneración energética con fuentes de energía generalmente renovables y de impacto ambiental reducido, que no solo diversifica las fuentes de energía, sino que reemplaza de manera total o parcial, la energía tomada de la red, redundando en una reducción de los costos de energía por la entidad. Estas fuentes de energía no utilizan combustibles fósiles, por lo que contribuyen significativamente a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la diversificación de la matriz energética. Las Principales Fuentes No Convencionales de energía renovables según la ley 1715 de 2014 y la ley 2099 de 2021 son las siguientes:



- Energía Solar:
 - Fotovoltaica: Generación de electricidad a partir de la radiación solar mediante células fotovoltaicas.
 - Térmica: Utilización de la radiación solar para calentar un fluido que luego se utiliza para generar electricidad o para calentamiento directo.
- Energía Eólica: Generación de electricidad aprovechando la fuerza del viento para mover aerogeneradores.
- Energía Geotérmica: Aprovechamiento del calor proveniente del interior de la Tierra para la generación de electricidad o calefacción.
- Biomasa: Utilización de materia orgánica (residuos agrícolas, forestales, desechos orgánicos) para la producción de energía mediante procesos como la combustión directa o la conversión a biocombustibles.
- Energía Hidroeléctrica de Pequeña Escala: Generación de electricidad mediante pequeñas centrales hidroeléctricas que utilizan el caudal de ríos o corrientes de agua, con un menor impacto ambiental que las grandes represas.
- Energía Marina o Undimotriz: Aprovechamiento del movimiento de las olas, mareas, y corrientes oceánicas para la generación de electricidad.
- Energía de Hidrógeno: Utilización del hidrógeno como vector energético, donde el hidrógeno se produce a partir de fuentes renovables y se utiliza para generar electricidad o como combustible limpio.

Haciendo un análisis comparativo de las diferentes FNCER para identificar cual opción de fuente no convencional es la adecuada, que haga sentido con la optimización, eficiencia y eficacia del gasto público, encontramos que la energía eólica tiene un balance favorable en la inversión inicial, sin embargo, no cuenta con la capacidad de atender proyectos a pequeña escala. Otro aspecto crítico inherente a la eólica, es la presencia de piezas móviles que hacen complejo, costoso y especializado su mantenimiento. Por su parte, la Biomasa y Geotérmica requieren una inversión inicial alta y tienen costos operativos elevados, pero pueden ser competitivos en áreas con abundante biomasa o recursos geotérmicos. Finalmente, la Hidroeléctrica de Pequeña Escala es una opción duradera y con bajos costos operativos a largo plazo, pero su viabilidad depende en gran medida de las condiciones geográficas.

Actualmente, la energía solar fotovoltaica se ha transformado en una opción atractiva tanto para individuos como para organizaciones. Esto se debe a los avances tecnológicos en nuevos materiales y

procesos de fabricación, así como a la disminución de los costos de instalación y operación. De acuerdo con el Fondo de Energías No Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Fenoge, 2021), los incentivos tributarios establecidos por distintas autoridades gubernamentales han contribuido a acelerar los procesos de transición energética hacia formatos de mayor flexibilidad en términos sectoriales, geográficos y de envergadura.

Colombia es un país que debido a sus recursos naturales y privilegiada posición geográfica posee un gran potencial para desarrollar energías renovables no convencionales y además cuenta con una exposición a la luz del sol durante 12 horas diarias, los 365 días del año al estar en una zona tropical, recibe en promedio entre 3,5 y 4,5 kW por metro cuadrado de radiación solar. Esto significa que, de forma permanente, se crean ondas solares que permiten que se produzca la energía solar. (UPME, Integración de las energías renovables no convencionales en Colombia, 2015).

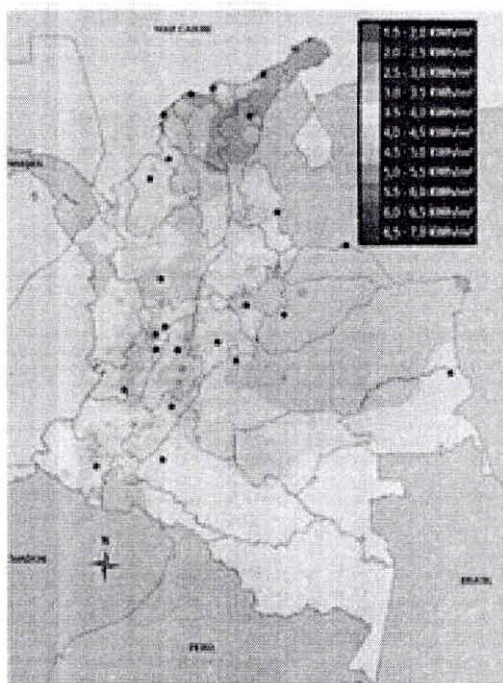


Figura 7: Irradiación global horizontal en Colombia.

Fuente: IDEAM, "Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia," junio 2014. Disponible en:

<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>.

Como se puede observar en la figura 7 Colombia tiene un potencial de generación de energía a partir de SSFV.

Los Sistemas Solares Fotovoltaicos (SSFV) se clasifican en varios tipos según su configuración y propósito. A continuación, se describen los principales tipos de SSFV y su funcionamiento:

1. Sistemas Fotovoltaicos Aislados (Off-Grid)

Funcionamiento:

- Componentes principales: Módulos fotovoltaicos, inversor, controladores de carga, baterías, y carga eléctrica.
- Proceso: Los módulos fotovoltaicos generan corriente continua que se almacena en baterías a través de controladores de carga. El inversor convierte la corriente continua almacenada en



corriente alterna para alimentar los dispositivos eléctricos.

- Beneficios: Independencia de la red eléctrica, ideal para áreas remotas sin acceso a la red.

2. Sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red (On-Grid)

Funcionamiento:

- Componentes principales: Módulos fotovoltaicos, inversor, medidor bidireccional, y la red eléctrica.
- Proceso: Los módulos fotovoltaicos convierten la luz solar en corriente continua (CC). El inversor convierte esta corriente continua en corriente alterna (CA), compatible con la red eléctrica. La energía generada se puede consumir en el lugar o inyectarse a la red.
- Beneficios: Permiten vender el excedente de energía generada a la red, reduciendo las facturas eléctricas.

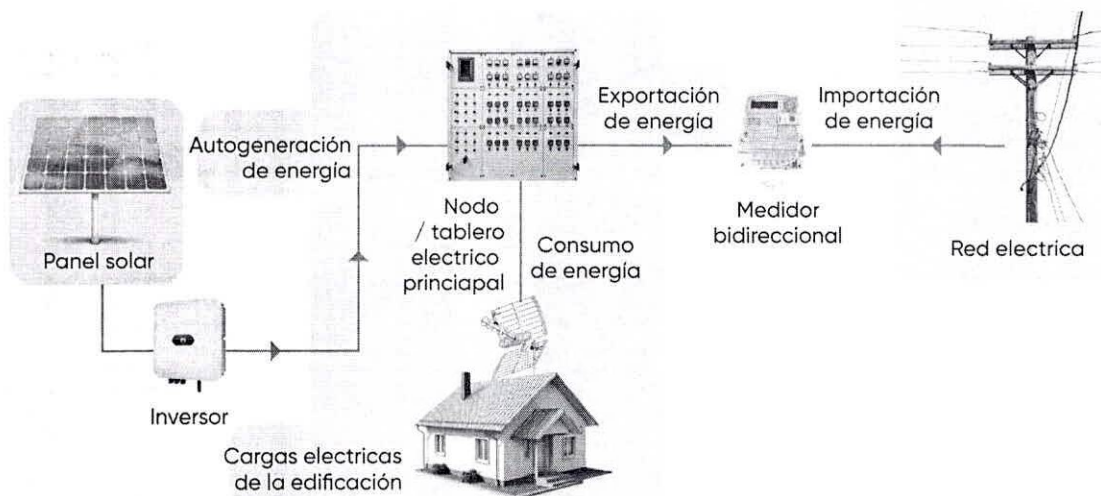
Cada tipo de sistema tiene sus propias ventajas y desventajas, y la elección del sistema adecuado depende de factores como el acceso a la red eléctrica, la necesidad de independencia energética, el presupuesto disponible, y el propósito específico del uso de la energía solar.

Para el caso de las SEI del municipio de Yumbo se recomienda una solución tipo ON-GRID, debido a que las entidades públicas tienen acceso a la energía de la red eléctrica, haciendo que la energía eléctrica autogenerada se constituye en un complemento a la que se obtiene de la red, generando un ahorro en la factura de energía mensual; además sí se generan excedentes de energía vía SSFV, se pueden vender a la compañía de distribución eléctrica lo que contribuye a un ahorro aún mayor.

Como se muestra en la figura 8, las flechas verdes muestran el flujo de la energía en un edificio donde funciona una entidad pública. En el extremo izquierdo de la imagen, vemos el conjunto de paneles solares e inversores que mientras hay luz del sol, dirigen la autogeneración de energía hacia el nodo o tablero eléctrico principal desde donde fluye la energía hacia la edificación como consumo energético producto de la demanda energética de las cargas eléctricas. En el caso de que la autogeneración de energía sea mayor a la demanda de energía del edificio, entonces el medidor bidireccional contabilizara una exportación de energía que según el decreto 174 de la CREG, el comercializador de energía debe recibir y reconocer de manera monetaria o en forma de créditos de energía. En el caso de que la

autogeneración de energía atienda una porción del total de la demanda, el medidor bidireccional contabilizara una importación de energía desde la red eléctrica igual a la porción de la energía demandada no atendida por la SSFV. Finalmente, cuando no hay luz solar, se produce una importación del total de la energía demandada por la edificación.

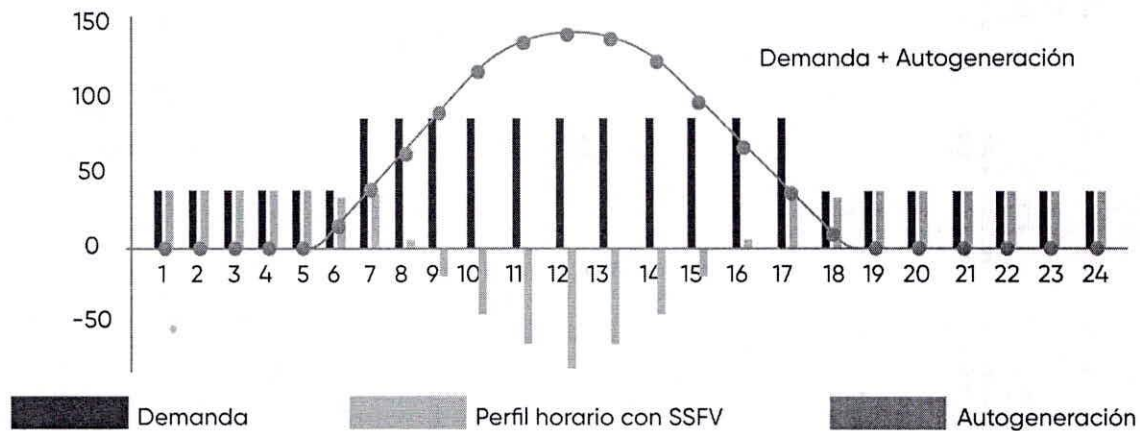
Figura 8 - Esquema de una SSFV on-grid.



Fuente: Elaboración propia

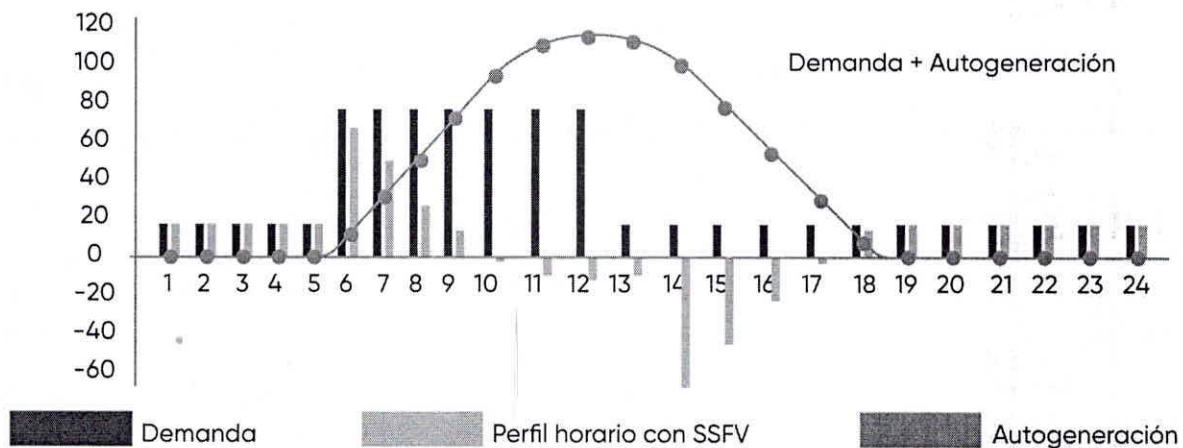
Como se muestra en las gráficas 4,5,6 y 7 de caracterización de tipos de usuarios, usos y horarios de la energía por parte de las entidades públicas del municipio de Yumbo y teniendo en cuenta los flujos de energía de la Figura 8, encontraremos, distintos regímenes de aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica autogenerada en la SSFV instalada en cada entidad. En la Gráfica 5, vemos como en las entidades públicas que atienden en horario de oficina, típicamente tienen un bajo consumo desde las 6 pm hasta las 6 am y luego sostienen una demanda (barras azules) de energía alta y muy plana durante el horario de atención, de manera que se auto consumirá parte de la energía autogenerada (línea verde) y los excedentes (barras rojas en la zona negativa bajo la curva verde) se entregan a la red y se trazan con el comercializador para ser cruzados con los consumos en horas de cierre de la oficina.

Gráfica 4 - Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos de entidades con horario de oficina



Fuente: Elaboración propia

Gráfica 5 - Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos de las instituciones educativas

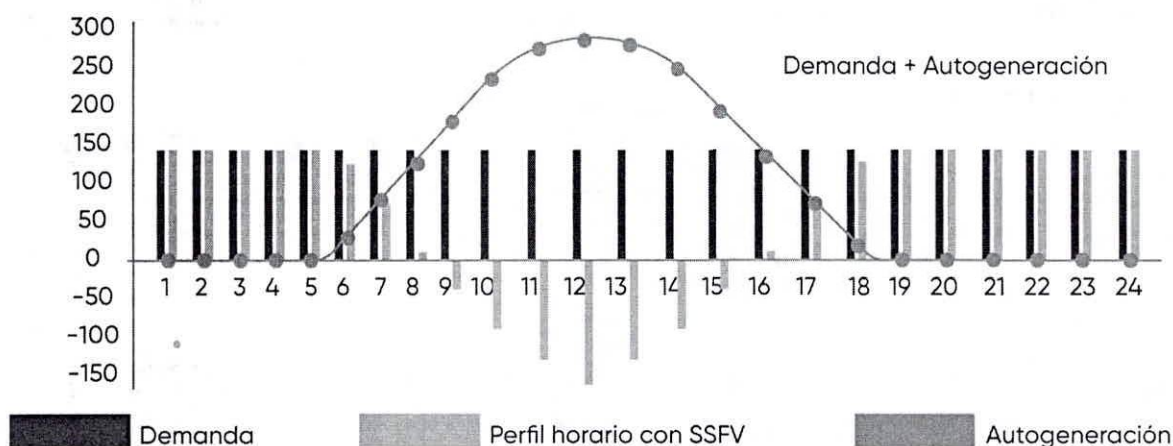


Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 5, vemos como en las instituciones educativas del municipio de Yumbo, tienen una alta demanda energética (Barras azules) desde las 6 am hasta la 1 pm y luego sostienen un bajoperfil de carga durante el horario de cierre de la institución, de manera que se auto consumirá parte de la energía autogenerada (línea verde) y los excedentes (barras rojas en la zona negativabajo la curva verde) se entregan a la red y se tranzan con el comercializador para ser cruzados con los consumos en horas de cierre de la institución.

En la gráfica 6, vemos como en el hospital, el perfil de carga es típicamente alto y plano durante las 24 horas del día (barras azules), mientras hay radiación solar, se auto consumirá parte de la energía autogenerada (línea verde) y los excedentes (barras rojas en la zona negativa bajo la curva verde) se entregan a la red y se truncan con el comercializador para ser cruzados con los consumos en horas de cierre del hospital.

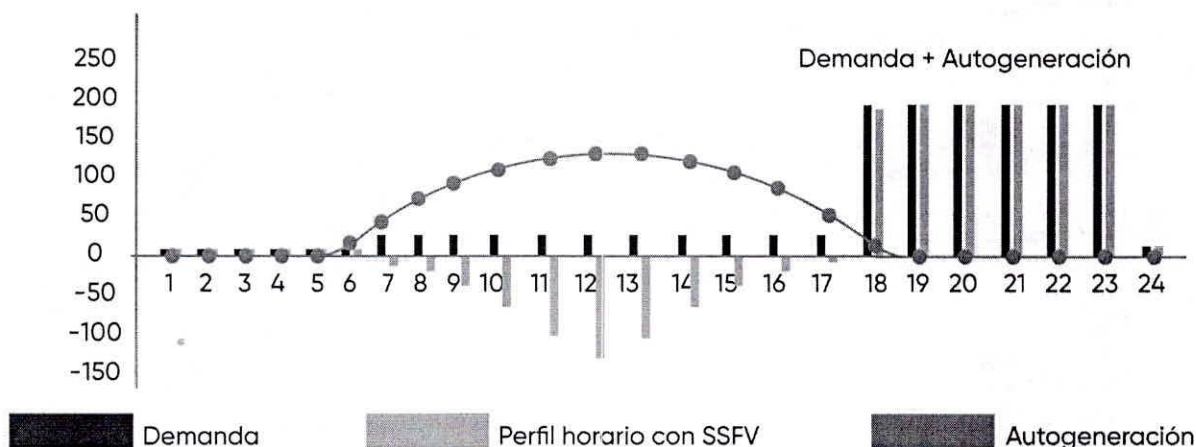
Gráfica 6 - Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos del hospital



Fuente: Elaboración propia

En la gráfica 7, vemos como los escenarios de recreación y deportes al aire libre, típicamente tienen un alto consumo desde las 6 pm hasta las 11 pm y luego sostienen una demanda (barras azules) de energía baja durante el resto del día, de manera que se auto consumirá una porción muy pequeña de la energía autogenerada (línea verde) y los excedentes (barras rojas en la zona negativa bajo la curva verde) se entregan a la red y se truncan con el comercializador para ser cruzados con los consumos en horas de cierre de la oficina.

Gráfica 7 - Perfil de demanda, excedentes y autogeneración típicos de escenarios deportivos al aire libre.



Fuente: Elaboración propia

Las soluciones solares fotovoltaicas SSFV, para las entidades públicas del municipio de Yumbo, autogeneraran hasta el 60% del total de la energía demandada a partir de la línea base modificada y optimizada por las acciones de eficiencia energética, constituyéndose en una acción de gestión activa de la demanda y por eso forma parte de la solución energética integral SEI.

En conclusión, las SEI en Yumbo, desde cada componente buscan mitigar hasta un 60% de la energía demandada por las entidades públicas. Es así como desde el ámbito de la gestión energética, se realizarán auditorías energéticas para identificar áreas de mejora y establecer una línea base de consumo energético a partir de la instalación de sistemas de monitoreo y control en tiempo real ayudando a ajustar el uso de energía para maximizar la eficiencia. Luego con las acciones de eficiencia energética, se realizará la identificación y mejora de procesos para reducir el consumo de energía, así como también la implementación de tecnologías de iluminación LED, sistemas de aire acondicionado eficientes, motores eléctricos de alta eficiencia, entre otros. Con el componente de capacitación, se implementarán jornadas de formación para usuarios y operadores sobre el uso eficiente de la energía y campañas de concientización para sensibilizar sobre la importancia del ahorro energético y la sostenibilidad. Por último, la autogeneración de energía implementada con energía solar fotovoltaica deduce de la factura de energía la porción de energía generada, ahorrando en los costos de operación de las edificaciones y reduciendo las emisiones de carbono a la atmosfera gracias a la gestión eficiente de los recursos públicos por parte de la administración central del municipio de Yumbo.



5.2. CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN

Tabla 4 - Cronograma de ejecución del proyecto.

Objetivo específico	Producto	Actividad	Mes											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mejorar la gestión energética de las instituciones Educativas públicas del Departamento del Atlántico a través del cambio o instalación de nuevos equipos que sean más eficientes energéticamente.	Auditoria energerica Cambio de sistema de iluminación por iluminación tipo LED Cambio y/o Instalación de nuevos equipos de aire acondicionado y neveras que sean más eficientes energéticamente.	Auditorías Energéticas.												
		Estudio de factibilidad para el cambio e instalación de los nuevos equipos.												
		Proceso de compras y suministro.												
		Instalación y puesta en marcha.												
		Seguimiento y control indicadores de desempeño EE.												
Diversificar la matriz energética de las instituciones educativas del Atlántico, con el propósito disminuir el costo de la factura de energía eléctrica.	Diseñar e implementar fuentes de autogeneración de energía tipo SSFV con el propósito de generar toda o parte de la energía consumida por la institución educativa.	Estudio diagnóstico y prefactibilidad SSFV.												
		Diseño del SSFV.												
		Suministro e instalación SSFV.												
		Puebas y puesta en marcha.												
		Seguimiento y control.												
Mejorar e implementar prácticas de gestión eficiente y racional de energía en los colegios públicos del departamento del Atlántico.	Capacitar a los alumnos, docentes y trabajadores en general en uso eficiente de la energía: Meta: 90% del total de la población de la institución impactados.	Diseño del plan de formación y capacitación.												
		Dibulgación del plan de formación.												

Fuente: Elaboración propia

5.3. ANALISIS DE RIESGOS ALTERNATIVA DE SOLUCIÓN



La matriz de riesgos del proyecto se construyó haciendo uso de una matriz 5*5 de valoración de riesgo de probabilidad e impacto:

Tabla 5 - Matriz de valoración probabilidad e impacto.

Impacto		Insignificante	Menor	Significativo	Mayor	Severo
Casi seguro	5	Medio 5	Alto 10	Muy alto 15	Extremo 20	Extremo 24
Probable	4	Medio 4	Medio 8	Alto 12	Muy alto 16	Extremo 25
Moderado	3	Bajo 3	Medio 6	Medio 9	Alto 12	Muy alto 15
Poco probable	2	Muy bajo 2	Bajo 4	Medio 6	Medio 8	Alto 10
Raro	1	Muy bajo 1	Muy bajo 2	Bajo 3	Medio 4	Medio 5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6 – Matriz de riesgo del proyecto



Etapas	Objetivo general	Objetivo general	Objetivo general
Tipo de riesgo	Técnico	Técnico	Técnico
Descripción del riesgo	Riesgo de subestimar las necesidades técnicas de adecuaciones debido a una evaluación insuficiente de la infraestructura actual de la infraestructura pública del municipio de Yumbo.	Riesgo de seleccionar tecnologías de eficiencia energética y fuentes renovables que no sean adecuadas para el contexto local, clima o necesidades específicas de las instituciones.	Riesgo de basar la planeación en datos de consumo energético inexactos o desactualizados, lo que puede afectar la precisión del diseño del proyecto.
Probabilidad	Probable	Poco probable	Probable
Impacto	Mayor	Mayor	Significativo
Efectos	Sobrecostos por ajustes y reparaciones no previstos. Retrasos en la implementación debido a la necesidad de rediseñar partes del proyecto. Ineficiencia operativa del sistema energético, comprometiendo el ahorro y la eficiencia planificados.	Pérdida de confianza en el proyecto por parte de los beneficiarios y partes interesadas. Posible necesidad de reemplazo de equipos, generando costos adicionales.	Diseño del sistema subdimensionado o sobredimensionado. Ineficiencia en el uso de recursos financieros. Imposibilidad de alcanzar los objetivos de reducción de costos y consumo energético.
Medidas de mitigación	Contratar expertos para evaluar la infraestructura existente y las necesidades específicas de cada institución educativa.	Investigar y seleccionar tecnologías que sean probadas y adecuadas para el contexto local, asegurando que sean compatibles con las condiciones climáticas y las necesidades energéticas.	Implementar mecanismos para la recolección y análisis de datos energéticos actuales de manera precisa y continua.
Calificación de riesgo	Muy alto 16	Medio 8	Alto 12



Se identifican como los riesgos que más pueden afectar la materialización, ejecución y buen funcionamiento del proyecto:

- La obsolescencia de la infraestructura física de las sedes.
- La obsolescencia de la infraestructura eléctrica de las sedes.
- Falta de un plan de mantenimiento de los productos del proyecto.

5.5 PRODUCTOS ESPERADOS

Tabla 7 - Productos esperados.

Objetivo general			
Reducir el costo y el consumo excesivo de energía eléctrica en la infraestructura pública del municipio de Yumbo, promoviendo la eficiencia energética y el uso de fuentes no convencionales de energía renovable (FNCER), para mejorar la sostenibilidad ambiental y financiera del municipio.			
Objetivos específicos	Acciones de Intervención posibles.	Bienes y/o servicios	Cuantificación demanda y oferta.
Mejorar la gestión energética de la infraestructura pública del municipio de Yumbo a través del cambio o instalación de nuevos equipos que sean más eficientes energéticamente (EE).	Diagnóstico y auditoria de uso de energía en cada sede. Cambio de sistema de iluminación por iluminación tipo LED Cambio y/o Instalación de nuevos equipos de aire acondicionado, ventiladores y neveras que sean más eficientes energéticamente.	Servicio: 70 Diagnóstico Bienes: Nevera, aire acondicionado, luminaria tipo LED, ventiladores.	entre el 10 y el 12% Disminución del consumo de la energía de la red después del cambio de los equipos.
Diversificar la matriz energética de las edificaciones a través de sistemas solares fotovoltaicos (SSFV), con el propósito de disminuir el costo de la factura de energía eléctrica.	Diseñar e implementar fuentes de autogeneración de energía tipo SSFV con el propósito de generar parte de la energía consumida por la institución educativa.	Servicio de energía.	Entre el 45 y el 65% de autogeneración de la energía consumida mensual.



Mejorar e incentivar prácticas de gestión eficiente y racional de energía entre los funcionarios de las entidades y usuarios de las edificaciones.

Capacitar a los alumnos, docentes y trabajadores en general en uso eficiente de la energía: Meta: 90% del total de la población de la institución impactados.

Servicio de educación informal.

90% de los empleados públicos y los estudiantes de la IE educativas capacitados en uso eficiente de la energía.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8 - Equipos con potencial eficiencia energética.

Descripción	Potencial
Aíres acondicionados	Cambio de equipos por equipos con etiqueta A-B-C RETIQ
Iluminación	Cambio de iluminación fluorescente y sodio por iluminación Led
Ventiladores	Cambio de equipos por equipo de menor consumo en lo posible con motor DC
Tomas de fuerza	Disminución de pérdidas de energía por obsolescencia
Neveras	Cambio de equipos por equipos con etiqueta A-B RETIQ

Nota: Se recomienda una revisión técnica exhaustiva tipo auditoría energética para definir las cantidades y potencial de eficiencia de cada sede.

Fuente: Elaboración propia



Tabla 9 - Indicadores de desempeño Solución Solar Fotovoltaica.

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	IE	IMDERTY	IMCY	IMETY
Capacidad Solar a Instalar	kWp	546	343	60	40
Energía Solar a Generar	kWh/año	696.751	437.328	76.896	51.070
Energía Consumida	kWh/año	1.161.252	728.880	128.160	85.116
Autogeneración Solar	%	60%	60%	60%	60%

31

DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	BIENESTAR S.	HOSPITAL	ADMN CENTRAL	TOTAL
Capacidad Solar a Instalar	kWp	16	431	799	2.235
Energía Solar a Generar	kWh/año	20.592	550.620	1.019.520	2.852.777
Energía Consumida	kWh/año	34.320	917.700	1.699.200	4.754.628
Autogeneración Solar	%	60%	60%	60%	60%

Nota: esta tabla es una proyección de calculo de SSFV de elaboración propia con un supuesto de generación solar del 60% de la demanda

6. MARCO LEGAL Y NORMATIVO

Tabla 10 - Matriz marco legal del proyecto

Normativa	Principales características
Ley 1715 de 2014	Establece la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional y la promoción de la gestión eficiente de la energía.
Ley 1717 de 2014 - Ley del Sector Eléctrico	Esta ley establece las normas para el desarrollo del sector eléctrico en Colombia. Incluye disposiciones para la promoción de energías renovables y establece metas específicas para la incorporación de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable en la matriz energética del país.
Resolución 001 de 2018	Esta resolución establece las condiciones para la conexión de proyectos de generación de energía al sistema eléctrico nacional. Incluye disposiciones específicas para proyectos de Fuentes No Convencionales de Energía Renovable.
Resolución 030 de 2018	Esta resolución regula las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional.
Resolución CRE 174 DE 2021	Esta resolución fue emitida como actualización resolución CREG 030, con el objetivo de mostrar qué significan estos requerimientos técnicos, qué condiciones nos estipulan en términos simples y cuál es la explicación teórica que justifica su exigencia y presencia para el ente regulatorio.



Plan de Acción Indicativo del PROURE 2017-2022 Resolución 41286 de 2016 del Ministerio de Minas y Energía Establece la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional y la promoción de la gestión eficiente de la energía. Principales Características El.	El Artículo 292 de esta Ley establece que las administraciones públicas deben realizar una auditoría energética de sus instalaciones y establecer objetivos de ahorro de energía a ser alcanzados a través de medidas de eficiencia energética y de cambios y/o adecuaciones en su infraestructura.
Resolución 0549 del 10 de julio de 2015 de Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio.	Establece porcentajes mínimos y medidas de ahorro en agua y energía a alcanzar en las nuevas edificaciones y adoptar la guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. En sus anexos se encuentra la Guía y un mapa de distribución de municipios de Colombia por zona climática.
Plan Energético Nacional de Colombia: Ideario Energético 2050	Uno de los objetivos de política de largo plazo se relaciona con la eficiencia energética, el cual se sustenta en adoptar nuevas tecnologías, buenas prácticas en la operación, y hábitos que permitan optimizar los recursos energéticos.
Resolución UPME 196 de 2020	Establece los requisitos y el procedimiento para acceder a los beneficios tributarios de descuento en el impuesto de renta, deducción de renta y exclusión del IVA para proyectos de gestión eficiente de la energía.
Resolución UPME 203 de 2020	Esta Resolución Establece 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.
Ley 1831 de 2017 - Ley de Transición Energética	Esta ley tiene como objetivo establecer las bases para la transición hacia una matriz energética más sostenible y diversificada. Incentiva la implementación de proyectos de energías renovables y eficiencia energética.
Ley 2294 de 2023 Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026	El plan de desarrollo propone alternativas de desarrollo con energías limpias con el propósito de diversificar la matriz energética del país.

Fuente: Elaboración propia



7. BIBLIOGRAFÍA

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2019, abril). Primer balance de energía útil para Colombia. <https://www1.upme.gov.co/Hemeroteca/Paginas/estudio-primer-balance-energia-util-para-Colombia.aspx>

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2021, septiembre 23). Plan Energético Nacional 2020-2050. Unidad de Planeación Minero-energética. https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Plan_Energético_Nacional_2020_2050.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME. (2021, noviembre 22). Diagnóstico del estado de los electrodomésticos de producción nacional con mejores eficiencias. <https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Paginas/Proyectosdeeficiencia-energetica.aspx>

Unidad de Planeación Minero Energética - UPME (2023, junio). Actualización Plan Energético Nacional (PEN) 2022-2052

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PEN_2020_2050/Actualizacion_PEN_2022-2052_VF.pdf

Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía – PROURE (2022-2030)

https://www1.upme.gov.co/DemandayEficiencia/Documents/PROURE/Documento_PROURE_2022-2030_v4.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. (2021). Pobreza monetaria.

<https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-devida/pobreza-monetaria>

Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas - DANE. (2022, junio). Pobreza monetaria con enfoque diferencial 2021. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/condiciones-vida/pobreza/2021/analisis-clases-sociales_23-ciudades.pdf
Ministerio de Minas y Energía. (2022, Noviembre). Diálogo social para definir la hoja de ruta de la transición energética justa en Colombia.

<https://www.minenergia.gov.co/documents/9497/HojaRutaTransicionEnergeticaJustaColombia.pdf>

Ministerio de Minas y Energía Diagnostico Base para la transición Energética justa TEJ (2023, Agosto)

https://www.minenergia.gov.co/documents/10439/2._Diagnostico_Base_para_la_TEJ.pdf

Plan Nacional de Desarrollo – PND (2022-2026), Colombia potencia de la vida.

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>



ALCALDÍA DE
YUMBO

XM. (2023d) Precio Promedio de Bolsa
<https://sinergox.xm.com.co/trpr/Paginas/Precios/preprobol.aspx>

IDEAM, "Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia," junio 2014.
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasRadiacion.html>

Fondo de Energía No Convencional y Gestión Eficiente de la Energía – FENOGÉ.

<https://fenoge.gov.co/gestion-del-conocimiento/fuentes-no-convencionales-de-energia-fnecr/#>

M. Sc. Ing. Carlos Orbegozo, Ing. Roberto Arivilca (2010). "Energía Solar Fotovoltaica, Manual técnico para instalaciones domiciliarias". Green Energy Consultoría y Servicios SRL.

Estrada Gasca, C., & otro, y. Las Energías renovables: La Energía Solar y sus implicaciones. Revista Digital Universitaria, 2010, 1-27.

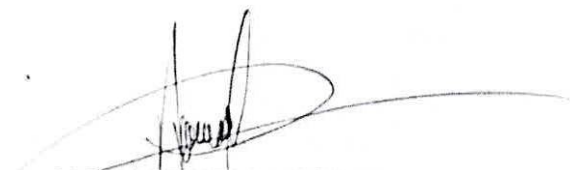
Cifuentes, C. S. (2016). Definición e información de energías renovables

<http://www.repositorio.usac.edu.gt/4455/1/DEFINICION%20E%20INFORMACION%20DE%20ENERGIAS%20RENOVABLES.pdf>

Arancibia Bulnes, C., & Otros. (2010). Energía del Sol. Revista Ciencia

Grupo de Nuevas Actividades Profesionales [GNAP]. (2020). Energía Solar Fotovoltaica. Madrid.

Escuela de Ingeniería industriales Uex[EIIU]. (2013). instalaciones SOLARES FOTOVOLTAICAS.


CARLOS EDUARDO BRION MOLINA
Secretario de Infraestructura y Servicios Públicos
Municipio de Yumbo

Christian Narváez

CHRISTIAN NARVÁEZ
Profesional de Apoyo
Secretaría de Infraestructura y Servicios Públicos Municipio de Yumbo

Calle 5 No. 4-40 Barrio Belalcázar
PBX: 651 66 00 • www.yumbo.gov.co
NIT: 890.399.025-6 Cod.Postal: 760501
contactenos@yumbo.gov.co