

MUNICIPIO DE TÓPAGA

**LEDS Lab Proyecto
Urban-LEDS II**

RELATORÍA DE INSUMOS TÉCNICOS Y
MODELOS DE FINANCIAMIENTO PARA
LA PREPARACIÓN DE PROYECTOS
DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y
AUTOGENERACIÓN

Foto: Shutterstock.com

·I·C·L·E·I
Gobiernos
Locales por la
Sustentabilidad

RELATORIA DE INSUMOS TÉCNICOS Y MODELOS DE FINANCIAMIENTO PARA LA PREPARACIÓN DE PROYECTOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y AUTOGENERACIÓN EN EL MUNICIPIO DE TÓPAGA

LEDS Lab, una iniciativa del proyecto Urban-LEDSII



EXPEDIENTE

Rodrigo Perpétuo
Secretario Ejecutivo de ICLEI América del Sur

Mónica Santa
Directora Ejecutiva de ICLEI Colombia

Sophia Picarelli
Gerente de Biodiversidad y Cambio Climático

Camila Chabar
Coordinadora de Cambio Climático

Carolina Mesa
Asesora de Proyectos

Lucas Turmena
Asesor de Cambio Climático

Flávia Bellaguarda
Asesora de Cambio Climático

Maria Camila Carvajal
Asistente de Cambio Climático

EQUIPO TÉCNICO DE CONSULTORES

Alexandre Schinazi (Mitsidi)

Isabela Issa (Mitsidi)

Laisa Brianti (Mitsidi)

Pedro Paulo Fernandes (Mitsidi)

Isabela Campos (Mitsidi)

Leonardo Furquim Werneck (I Care)

Victor Pires Gonçalves (I Care)

Hélène Hofmann (I Care)

Déborah Luisa Silva (I Care)

Thomas Vielajus (I Care)

José Plata (Markup)

Rodrigo Castellanos (Markup)

Juan José Lamk (Markup)

Paula Osorio (Markup)

Florentino Marquez (Hill)

Ruben Millán (Hill)

Juan Felipe Franco (Hill)

CONTENIDO

EXECUTIVE SUMMARY	6
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
INTRODUCCIÓN	11
MARCO REGULATORIO EN COLOMBIA PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROYECTOS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA	13
INSUMOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO PILOTO	15
3.1 Diagnóstico Energético de la IECJU	15
3.1.1 Instalaciones	17
3.1.2 Consumo energético y equipamientos eléctricos.....	18
3.2 Medidas de Eficiencia Energética	20
3.3 Proyecto Solar Fotovoltaico ²	23
3.3.1 Servicios requeridos por un Sistema Fotovoltaico	23
3.3.2 Caracterización General del Espacio.....	24
3.3.3 Dimensionamiento del Proyecto Fotovoltaico.....	26
3.3.4 Reducción de emisiones de CO2	28
3.3.5 Equipos requeridos	28
3.3.6 Costos estimados del proyecto FV	35

3.4 Análisis de riesgos.....	36
3.5 Seguimiento y Monitoreo.....	38

MODELOS DE FINANCIAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE FUENTES RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COLOMBIA..... 40

4.1 Metodología general para la selección de modelos de financiación	40
4.2 Recopilación de información y datos.....	45
4.2.1 Entrevistas con potenciales financiadores	45
4.2.2 Datos recolectados por el municipio	45
4.3 CANVAS y Modelo de Negocio	45
4.4 Mapeo de las diferentes fuentes de recursos	46
4.5 Proceso de selección de la Fuentes de Financiamiento más conveniente para el municipio.....	57

RESÚMENES DE REUNIONES TÉCNICA Y FINANCIERA

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES..... 63

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

REFERENCIAS

INDICE DE FIGURA

Figura 1. Enphase IQ6+..... 32

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Etapas dentro del proceso de diagnóstico energético.....	15	Ilustración 15. Tipo de corrientes y conexiones dentro del sistema.....	33
Ilustración 2. Etapas de un SGE.....	16	Ilustración 16. Cable para conexión DC entre los paneles y el inversor.....	33
Ilustración 3. Partes esenciales de un PGEE.....	16	Ilustración 17. Cable para conexión AC entre el inversor y la acometida.....	33
Ilustración 4. Representación esquemática del IECJU.....	17	Ilustración 18. Pasos en la metodología propuesta.....	40
Ilustración 5. Mapa inicial de áreas disponibles.....	27	Ilustración 19. Fuentes de recurso para financiamiento en Colombia.....	46
Ilustración 6. Punto de conexión.....	27	Ilustración 20. Cuestionario caracterización financiera.....	58
Ilustración 7. Rendimiento en el tiempo garantizado para el panel.....	28	Ilustración 21. Diapositiva sobre calculadora FV.....	60
Ilustración 8. Arreglo esquemático en serie con micro inversores.....	29	Ilustración 22. Resultados de interacción en Mentimeter.....	62
Ilustración 9. Conectores MC4 macho y hembra.....	30	Ilustración 23. Respuestas Mentimeter.....	62
Ilustración 10. Sistema de anclaje seleccionado. Broches para junta adyacente.....	30		
Ilustración 11. Broche de borde en techo grañado.....	31		
Ilustración 12. Grapa para techo trapezoidal.....	31		
Ilustración 13. Sistema convencional vs anclaje directo.....	31		
Ilustración 14. Agregador Q.....	32		

INDICE DE FOTOS

Foto 1. Visual satelital del IECJU.....	17	Foto 12. Lámpara en bloque de aulas 2.....	22
Foto 2. Equipo congelador.....	18	Foto 13. Vista aérea de IECJU.....	24
Foto 3. Luminarias tipo usadas en las instalaciones.....	19	Foto 14. Estructura desnuda del bloque de Aulas 3.....	25
Foto 4. Bloques vistos desde la esquina suroccidental del prédio.....	20	Foto 15. Bloque norte del Aulas 2.....	26
Foto 5. Bloque de aulas 1.....	20	Foto 16. Techo donde se aprecia subestructura y tejas trapezoidales.....	26
Foto 6. Lámpara tipo IECJU.....	21	Foto 17. Cables de entrada y salida de un microinversor... ..	29
Foto 7. Sensor de movimiento para incrustar.....	21	Foto 18. Cable Q de Enphase (salida AC).....	30
Foto 8. Contador.....	22	Foto 19. Marco y clips de montaje para sistemas sin rieles.....	31
Foto 9. Ficha EE refrigerador.....	22	Foto 20. SPD con indicadores visuales.....	34
Foto 10. Ficha Técnica Congelador.....	22		
Foto 11. Lámparas fluorescentes en baños.....	22		

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Energy Efficiency measures.....	6	Tabla 9. Costos de los equipos del sistema FV.....	35
Tabla 2. Medidas de EE.....	8	Tabla 10. Otros costos del sistema FV.....	36
Tabla 3. Descripción de norma colombiana aplicable a proyectos de eficiencia energética y generación fotovoltaica.....	13	Tabla 11. Riesgos asociados al proyecto.....	38
Tabla 3. Descripción de norma colombiana aplicable a proyectos de eficiencia energética y generación fotovoltaica.....	14	Tabla 12. Indicadores sugeridos de S&M.....	39
Tabla 4. Consumo energético y su costo mensual.....	18	Tabla 13. Ejemplos de restricciones.....	41
Tabla 5. Equipos eléctricos IECJU.....	18	Tabla 14. Ejemplos de burocracia.....	42
Tabla 6. Incremento en consumos para 2021.....	19	Tabla 15. Condiciones acceso a recursos.....	42
Tabla 7. Inventario de lámparas IECJU.....	19	Tabla 16. Condiciones de las fuentes de recursos.....	43
Tabla 8. Proyecciones del arreglo 1.....	27	Tabla 16. Condiciones de las fuentes de recursos.....	57
		Tabla 17. Desafíos y oportunidades del proyecto.....	65

EXECUTIVE SUMMARY

The Urban-LEDSII initiative “Accelerating Climate Action through the Promotion of Low Emission Urban Development Strategies”, seeks to accelerate climate action in Latin American cities through the promotion of low-emission urban development strategies. This initiative, funded by the European Commission and jointly implemented by ICLEI and UN-Habitat, is being implemented in seven local governments in Colombia and eight cities in Brazil.

As part of this initiative, the LEDS Lab was launched in 2019 as a climate finance laboratory with the main objective of improving the installed capacity of municipal governments in the elaboration of bankable projects which considers clear aspects of mitigation and adaptation to climate changes.

In this context, the city of Tópaga was selected to receive direct support from a consortium of specialized consul-

tancies (Mitsidi Projetos, I Care & Consult, Hill and MarkUp Consultants) with the aim of: i) Outlining an energy efficiency pilot plan for the Carlos Julio Umaña School (IECJU by its acronym in Spanish); ii) Technically and financially structuring the installation of a photovoltaic energy system for self-generation of electricity; and iii) Defining a financial model for the energy efficiency and self-generation measures.

In this sense, chapter 3 of the present document describes the characterization process of the energetic demands in the facilities. It also presents the identification, quantification and dimensioning of the energy efficiency measures oriented to diminish the current energy consumption, which now hovers around 389 kWh mainly due to the use of lighting bulbs. Among such measures the most relevant is changing the current fluorescent lamps with LED lamps.

Subsequently, in chapter 3.3 the technical structuration for the photovoltaic system can be found. This system’s installation will be hired with Urban-LEDS seed money through the ICLEI office in Colombia. As a result of this structuration, which contemplated different options for the system, it was decided that 16 panels are to be installed in one of the school’s top roof. This set up will supply in between 80% and 110% of the monthly electricity bill. This amount will decrease due to the panel’s natural degradation rate. This means that after 25 years the panels will be producing at 88% of their original capacity. These values were calculated using as a reference the Jinko Solar Eagle 320 Watt.

This planning and designing allowed for the creation of technical, financial and institutional capacities for the creation of self-generation programs with renewable energy sources in the municipalities. This will allow the pilot to be replicated and escalated. On top of advancing the offer and diversification of renewable energy sources, in line with the paradigms of adaptation and resilience to climate change, this initiative will allow to diminish the GHG emissions associated to the energy consumption provided by the National Interconnected System. Savings are calculated in between 50 and 68 tons of CO2eq during the project’s life span (25 years).

It is important to keep in mind both for the energy efficiency plan and the photovoltaic system that they must be set in motion alongside a monitoring and evaluation (M&E) system, as well as a maintenance one. This will allow to check in which extent the objectives are being met, offer some insight where there is room for improvement and keep an eye on where and when a maintenance is required. The photovoltaic system is especially sensitive to external conditions that can be controlled such as the shadow generated by bushes, how clean the surface of the panel is kept and how well maintained the electrical connections are.

Finally, Chapter 4 of this document presents a financing model that analyzes different sources of funding and evaluates different variables specifically associated with local governments. In this way, it seeks to give majors greater capacity to know where to seek financing, depending on the level of funds required to develop these projects and the intrinsic conditions of its locality.

The finance sources analyzed are local governments, commercial banks, energy services companies (ESCOS), private equity funds, development or second-floor banks, multilateral banks/organizations and sustainable leasing. For each of these, its relationship with the capital, the associated debt, the time limits they manage, the guarantees required to finance the project, the permits and procedures that must be carried out to apply for financing, the financial cost and the minimum funding size to opt for this alternative are identified.

The Urban-LEDSII initiative “Accelerating Climate Action through the Promotion of Low Emission Urban Development Strategies”, seeks to accelerate climate action in Latin American cities through the promotion of low-emission urban development strategies.

	MITIGATION MEASURE	MITIGATION POTENTIAL AND/OR MAIN BENEFIT	INVESTMENT AND PAYBACK
1	Installation of photovoltaic solar energy system (PV)	3.8kWp (NOTC) system Avoided emissions: 2 tCO2/year	3.8kWp system COP\$ 28,000,000.00 9 years
2	Installing LED technology	Electricity savings up to 50%	COP \$2,000,000.00
3	Installing presence sensors with timers	Saving 10 to 30% on the energy use of bathroom and kitchen bulbs	COP \$400,000.00
4	Adjusting the power options in computers	Energy savings on PCs during breaks	
5	Maintenance, cleaning and operation plan	Better Energy Efficiency	

Table 1. Energy Efficiency measures

Source: Consulting Team, 2020.

RESUMEN EJECUTIVO

La iniciativa Urban-LEDSII, financiada por la Comisión Europea e implementada conjuntamente por ICLEI y ONU-Hábitat, busca acelerar la acción climática en ciudades de América Latina a través de la promoción de estrategias de desarrollo urbano de bajas emisiones. Actualmente, Urban-LEDSII apoya siete ciudades colombianas y 8 brasileñas. En el marco de esta iniciativa, en el 2019 se puso en marcha el programa LEDES Lab, un laboratorio de financiación climática para mejorar la capacidad de los municipios en el desarrollo de proyectos financiables de mitigación y adaptación al cambio climático.

En este contexto, la ciudad de Tópaga fue seleccionada para recibir el apoyo directo de un consorcio de consultorías especializadas (Mitsidi Projetos, I Care & Consult, Hill y MarkUp Consultores) con el objetivo de: i) Esbozar un plan piloto de eficiencia energética en la Institución Educativa Carlos Julio

Umaña Sede Primaria (IECJU); ii) estructurar técnicamente y financieramente la instalación de un sistema fotovoltaico de autogeneración de energía eléctrica; y iii) definir un modelo de financiamiento para medidas de eficiencia energética y autogeneración.

En este sentido, el capítulo 3 del presente documento describe el proceso de caracterización de la demanda energética de las instalaciones, así como la identificación, cuantificación y dimensionamiento de una serie de medidas de eficiencia energética que permitan la disminución del consumo mensual de electricidad en sus instalaciones, que en la actualidad asciende a unos 389KWh derivados principalmente de la operación de iluminación. Entre dichas medidas la más importante es el cambio de cambio de luminarias fluorescentes por nuevos tubulares de tecnología LED.

Por su parte, el capítulo 3.3 presenta la estructuración técnica de un sistema de generación de energía fotovoltaica que será contratado con recursos del programa LEDES Lab a través de la oficina de ICLEI en Colombia. Como resultado de esta estructuración, que contempló el análisis de distintas alternativas de instalación, se obtuvo un dimensionamiento de un sistema fotovoltaico con 16 paneles que sería instalado en los techos de uno de los bloques de aulas y que podría suplir entre el 80% y el 110% del consumo mensual de electricidad de la entidad. Este valor disminuye a medida que los paneles sufren degradación natural, de manera que al final de su vida útil de 25 años, estará produciendo máximo el 88% de su capacidad original. Estos valores se calcularon a partir de un panel de referencia Jinko Solar Eagle 320 Watt.

El proceso de diseño permitió crear capacidades técnicas, financieras e institucionales para el desarrollo de proyectos de autogeneración con fuentes de energía renovable en el municipio, con el objetivo de replicar y escalar este piloto inicial. Además de avanzar en la diversificación de las fuentes de energía renovable, en línea con los paradigmas de adaptación y resiliencia frente al cambio climático, esta iniciativa permite disminuir las emisiones de GEI derivadas del consumo de la electricidad suministrada por el Sistema Interconectado Nacional. Se estimaron ahorros de entre 50 y 68 Toneladas de CO2eq a lo largo de la vida útil de los paneles (25 años).

Tanto para las medidas de eficiencia energética como para el sistema fotovoltaico se resalta que para que tengan el efecto deseado deben estar acompañadas de monitoreo, buscando revisar en qué medida se están cumpliendo las variables objetivo, seguimiento para mejorar las acciones de eficiencia energética, y mantenimiento para la planta fotovoltaica, ya que la máxima producción de ésta, además de estar asociada a las condiciones climáticas, requiere de que estén limpias, que las sombras generadas el crecimiento de plantas a sus alrededores se mantengan al mínimo y que la conexión eléctrica continúe estando en óptimas condiciones, para evitar cualquier falla por desgaste del cableado o desconexión involuntaria.

Por último, el Capítulo 4 de este documento presenta un modelo de financiamiento que analiza distintas fuentes de financiamiento y evalúa distintas variables asociadas específicamente al caso de gobiernos locales. De esta

forma, se busca dar a las alcaldías mayor capacidad en saber dónde buscar financiamiento, dependiendo del nivel de fondos requeridos para poner estos proyectos y de condiciones intrínsecas de la alcaldía.

Dentro de las fuentes de financiamiento que se analizan están, además de fuentes propias del gobierno local, bancos comerciales, empresas de servicios de energía (ESCOS), fondos de capital privado, bancos de fomento o de segundo piso, bancos/organizaciones multilaterales y leasing sostenible. Para cada una de estas se identifica su relación con el capital, la deuda asociada, los plazos que manejan, las garantías exigidas para financiar el proyecto, los permisos y trámites que se deben llevar a cabo para solicitar la financiación, el costo financiero y el tamaño mínimo de fondeo para optar por esta alternativa.

La iniciativa Urban-LEDSII, financiada por la Comisión Europea e implementada conjuntamente por ICLEI y ONU-Hábitat,

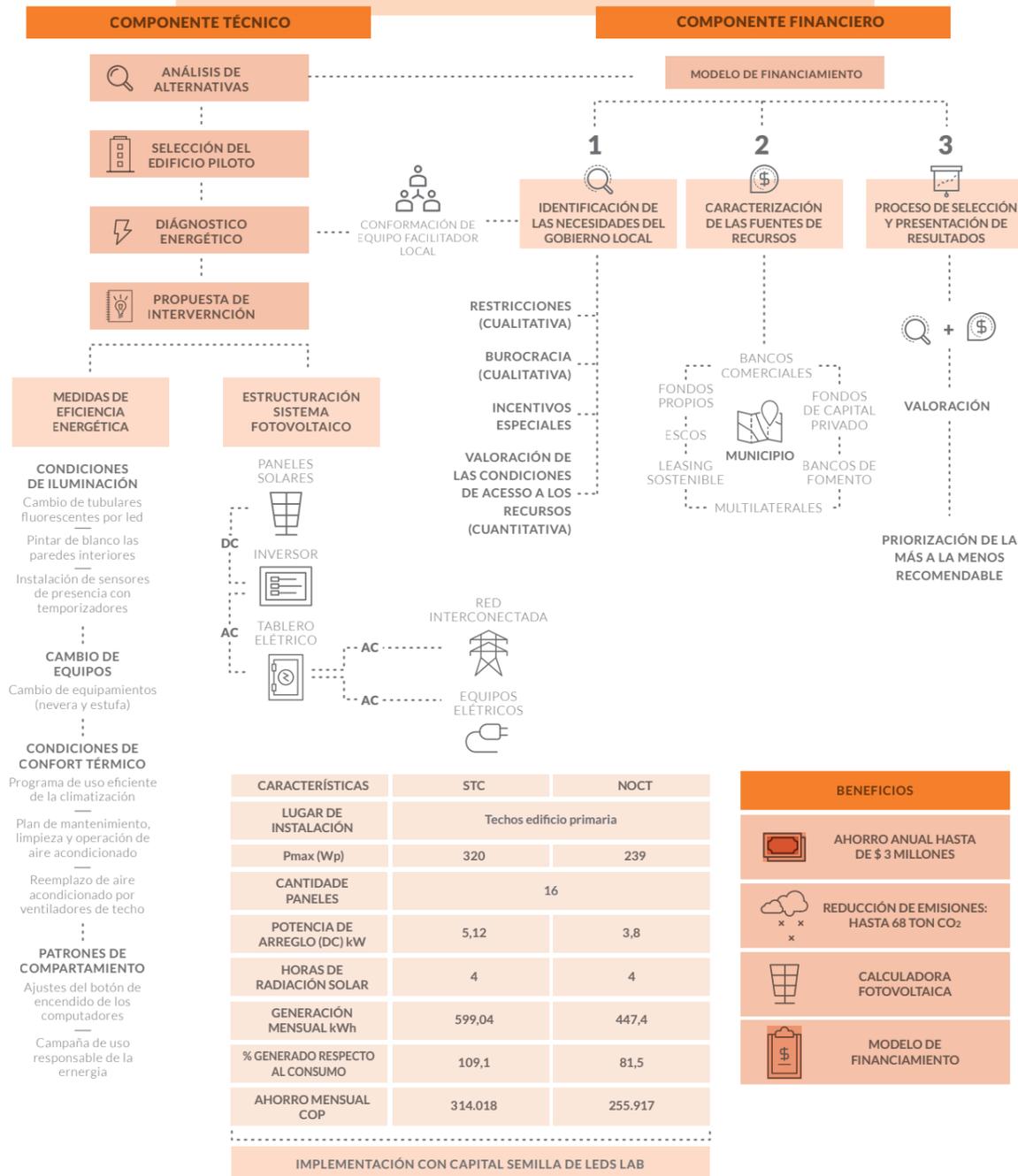
busca acelerar la acción climática en ciudades de América Latina a través de la promoción de estrategias de desarrollo urbano de bajas emisiones.

	MEDIDA DE MITIGACIÓN	POTENCIAL DE MITIGACIÓN Y/O PRINCIPAL BENEFICIO	INVERSIÓN Y PAYBACK
1	Instalación de sistema de energía solar fotovoltaica (FV)	Sistema de 3,8kWp (NOTC) Emisiones evitadas: 2 tCO2/año	Sistema de 3,8kWp COP\$ 28,000,000.00 9 años
2	Cambio de luminarias por LED	Ahorro en electricidad por iluminación reducido hasta en un 50%	COP \$2,000,000.00
3	Instalación de sensores de presencia con temporizadores	Ahorro del 10 al 30% de uso de energía para bombillos de baños y cocina	COP \$400,000.00
4	Ajuste del botón de opciones de energía	Ahorro de energía en los PCs en los espacios de almuerzo	
5	Plan de mantenimiento, limpieza y operación	Mejor EE	

Tabla 2. Medidas de EE

Fuente: Equipo consultor, 2020.

LEDS Lab busca mejorar la capacidad de Tópaga en el desarrollo de proyectos bancables de mitigación y adaptación al cambio climático. Para hacerlo, se encuentra desarrollando un piloto de eficiencia energética y autogeneración en el Colegio Carlos Julio Umaña



1 |

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Tópaga es uno de los laboratorios a través de los cuales el Proyecto LEDS Lab Colombia está mejorando la capacidad municipal para el desarrollo de proyectos financiables de mitigación y adaptación al cambio climático. Dos insumos fundamentales en este proceso tienen que ver con el detalle técnico de las soluciones de eficiencia energética (EE) y autogeneración a través de energía solar fotovoltaica (FV) en edificaciones públicas, así como con los modelos de financiamiento para su implementación y operación.

Para cumplir con este objetivo las firmas consultoras de apoyo a LEDS Lab Colombia, en conjunto con ICLEI y el equipo de trabajo en el municipio planearon una ruta para el desarrollo de los insumos técnicos y financieros que se describen en este documento. La ruta propuesta tuvo que responder además al desafío que trajo el escenario COVID-19 y las distintas restricciones de distanciamiento y desplazamiento en el territorio colombiano. Como respuesta esta nueva condición, se definieron unas actividades de diagnóstico y dimensionamiento técnico y financiero del proyecto, para ser desarrolladas de forma virtual y con trabajo remoto por parte del equipo consultor.

Un elemento fundamental en este proceso y en la nueva forma en la que el proyecto debió ser desarrollado, tiene que ver con la consolidación de un equipo local de trabajo. Este equipo fue fundamental para el conocimiento y divulgación del proyecto, la selección de la edificación piloto, el levantamiento de información en campo y el mejor entendimiento de las acciones de EE y autogeneración FV definidas para la edificación seleccionada.

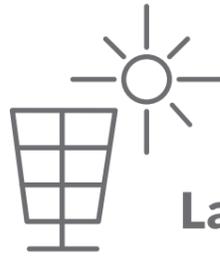
En Tópaga el equipo facilitador del proceso ha estado liderado por la Alcaldía¹ a través de la cual se ha convocado a otras dependencias del gobierno municipal como lo son la Secretaría de Planeación y la Oficina de Obras Públicas.

De manera general y después de surtir la primera fase del proyecto LEDS Lab en Tópaga, se procedió a la

selección de la edificación para la implementación del proyecto piloto. Para la selección de este edificio, se definieron distintos criterios técnicos y logísticos que fueron cuantificados a partir de información de campo. Los edificios inicialmente considerados en el proyecto por el municipio fueron evaluados y posteriormente priorizados. Estos formatos se presentan en el Anexo 1.

En este caso el edificio seleccionado fue la sede de primaria de la Institución Educativa Carlos Julio Umaña. Como paso siguiente en el proceso se inició una caracterización técnica realizada de forma remota por el equipo consultor, pero con el apoyo en la gestión de datos del equipo facilitador local. Esta caracterización se hizo a través de una serie de consultas y entrevistas telefónicas precisando la información requerida para diligenciamiento de unos formatos de diagnóstico energético. Se diligenciaron cinco formatos donde se precisaba la información básica requerida para adelantar un análisis de gestión de eficiencia energética. Dichos formatos se encuentran en el Anexo 2.

1. Específicamente el funcionario Carlos Alejandro Cubides.



La ciudad de Tópaga es uno de los laboratorios a través de los cuales el Proyecto

LEDS Lab Colombia está mejorando la capacidad municipal para el desarrollo de proyectos financiados de mitigación y adaptación al cambio climático.

Posterior a esta caracterización se adelantó un análisis técnico con el objetivo entender la dinámica de consumo energético dentro de las instalaciones, proponer acciones para mejorar la EE, entender al detalle los alcances y necesidades de un proyecto de autogeneración con energía FV conectado a la red. Este ejercicio dejó como resultado una propuesta de acciones de EE, un diseño detallado de una alternativa de autogeneración con energía FV y una estimación de los impactos en consumo energético, potencial de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y costos anuales por consumo de energía.

Simultáneo a este análisis energético, se llevaron a cabo una serie de actividades orientadas a establecer un modelo de financiamiento para este tipo de proyecto de EE y autogeneración en edificaciones en el municipio de Tópaga. Las actividades involucradas en este proceso incluyeron entrevistas estructuradas con tomadores de decisión y potenciales financiadores. Estuvieron incluidas en estas conversaciones: empresas prestadoras del servicio de energía, bancos de desarrollo multilaterales, bancos de desarrollo nacionales, entidades financieras/banca comercial, gobierno nacional y local.

La estructuración del modelo de financiamiento incluyó además la implementación de la herramienta Flourishing Business CANVAS para la modelización de un modelo de negocio sostenible a partir de las dimensiones Financiera, Ambiental y Social. Tanto las entrevistas como los resultados de la aplicación del CANVAS se complementaron con los datos que se proporcionaron desde el municipio, y con un análisis adicional de fuentes de financiamiento. Todo esto para dejarle a Tópaga un modelo para la financiación de este tipo de proyectos, que garantice su potencial replicabilidad en el municipio, así como en otras ciudades que hacen parte de la red ICLEI Colombia.

MARCO REGULATORIO EN COLOMBIA PARA LA EFICIENCIA ENERGÉTICA Y PROYECTOS DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA

Dentro de la normatividad colombiana las siguientes son las regulaciones legislativas y técnicas que establecen el marco de referencia en el que se mueven los proyectos de eficiencia energética y fotovoltaicos, en orden cronológico de expedición.

Norma Técnica Colombiana (NTC) 2050	RETIE	Ley 1715 de 2014	Decreto 348 de 2017	Resolución CREG 015 de 2018	Resolución CREG 030 de 2018	Resolución UPME 196 de 2020	Resolución UPME 203 de 2020
-------------------------------------	-------	------------------	---------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

Tabla 3. Descripción de norma colombiana aplicable a proyectos de eficiencia energética y generación fotovoltaica

NORMAS
Ley 1715 de 2014

DESCRIPCIÓN
<p>Tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las Fuentes No Convencionales de Energía, principalmente aquellas de carácter renovable, en el sistema energético nacional, mediante su integración al mercado eléctrico, su participación en las Zonas No Interconectadas y en otros usos energéticos como medio necesario para el desarrollo económico sostenible, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y la seguridad del abastecimiento energético (UPME, 2016).</p> <p>El Artículo 32 de esta ley es específico en cuanto a las acciones de eficiencia energética que deben emprender los gobiernos:</p> <p>“El Gobierno Nacional, y el resto de las administraciones públicas, en el ámbito de sus respectivas competencias adoptarán planes de gestión eficiente de la energía, que incluirán acciones en eficiencia energética y mecanismos de respuesta de la demanda. Las administraciones públicas, en sus ámbitos territoriales, adoptarán planes de gestión eficiente de la energía, así como de la utilización de FNCE para los edificios y equipos consumidores de energía de titularidad pública con análogos objetivos al del Gobierno Nacional.”</p>

	DESCRIPCIÓN
<p>NORMAS <u>Decreto 348 de 2017</u></p>	<p>Por el cual se establecen los lineamientos de política pública en materia de gestión eficiente de la energía y entrega de excedentes de autogeneración a pequeña escala. Determina el reconocimiento de los excedentes que se entreguen a la red con un sistema de medición bidireccional.</p>
<p><u>Resolución CREG 015 de 2018</u></p>	<p>Mediante la que se adopta la metodología, formulas tarifarias y otras disposiciones para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional, SIN.</p>
<p><u>Resolución CREG 030 de 2018</u></p>	<p>Por el cual se regulan aspectos operativos y comerciales para permitir la integración de las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el Sistema Interconectado Nacional.</p>
<p><u>Resolución UPME 203 de 2020</u></p>	<p>Establece los requisitos y procedimientos mediante los cuales la UPME evaluará las solicitudes y emitirá los certificados que permitan acceder a los beneficios tributarios de deducción de renta, exclusión del IVA y exención de derechos arancelarios a inversiones en investigación, desarrollo o producción de energía a partir de Fuentes no Convencionales de Energía.</p>
<p><u>Resolución UPME 196 de 2020</u></p>	<p>Establece los requisitos y procedimientos mediante los que la UPME evaluará las solicitudes y emitirá los certificados que permitan acceder a los beneficios tributarios de descuento en el impuesto de renta, deducción de renta y exclusión de IVA a quienes desarrollan proyectos de gestión eficiente de la energía.</p>
<p><u>Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE)</u></p>	<p>Donde se establecen los requisitos que garantizan los objetivos legítimos de protección contra los riesgos de origen eléctrico y se recopilan los preceptos esenciales que definen el ámbito de aplicación y las características básicas de las instalaciones eléctricas y algunos requisitos que pueden incidir en las relaciones entre las personas que interactúan con las instalaciones eléctricas o el servicio y los usuarios de la electricidad.</p>
<p><u>Sección 690 de la NTC 2050</u></p>	<p>Donde el Código Eléctrico Colombiano define las disposiciones técnicas aceptables y requeridas para los Sistemas Solares Fotovoltaicos.</p>

Tabla 3. Descripción de norma colombiana aplicable a proyectos de eficiencia energética y generación fotovoltaica Fuente: Equipo consultor, 2020.

3 |

INSUMOS TÉCNICOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO PILOTO

Esta sección tiene como objetivo presentar los principales insumos técnicos para viabilizar el proyecto piloto de EE y autogeneración con FV, así como los componentes necesarios para la implementación en las instalaciones de la sede de primaria de la Institución Educativa Carlos Julio Umaña en el Municipio de Tópaga. Este proceso es útil para el municipio dado que orienta el dimensionamiento técnico de este tipo de proyectos y deja las bases para su replicabilidad en otras edificaciones.

El resultado de este análisis constituye también un insumo muy importante para los términos de referencia. Se incluyen además para la contratación de proyecto de autogeneración con energía FV a partir del capital semilla con el que cuenta la ciudad después de su selección para ser parte del proyecto Urban-LEDS II y otras fuentes de financiamiento.

3.1 DIAGNÓSTICO ENERGÉTICO DE LA IECJU

En el marco conceptual de la EE, esta primera sección corresponde a lo que se conoce como un diagnóstico o auditoría energética, que generalmente se encuentra contenido dentro de un Plan de Gestión Eficiente de la Energía. En la norma ISO 50002 se especifican las etapas y requisitos de un proceso

de realización de una auditoría energética, que corresponden efectivamente al proceso adelantado en el marco de este proyecto. En la siguiente figura se pueden apreciar dichas etapas.

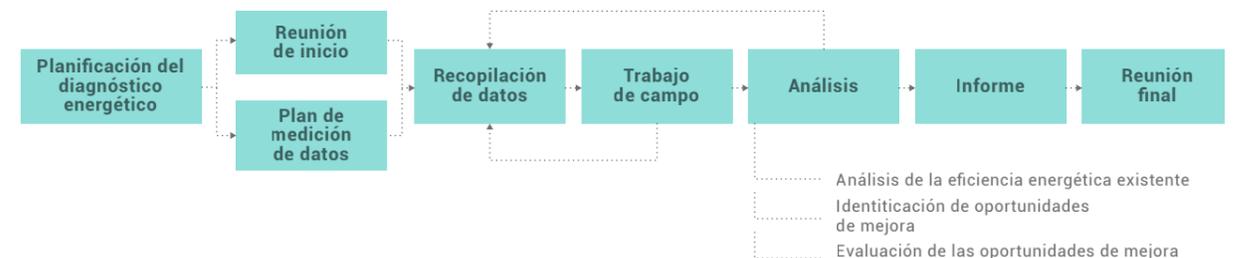


Ilustración 1. Etapas dentro del proceso de diagnóstico energético

Fuente: Elaboración propia basado en Norma ISO 50002

Como se mencionó anteriormente, este proceso de diagnóstico se enmarca en procesos de Sistemas de Gestión de Energía y es eventualmente hace parte de la etapa de Planificación Energética de dicho Sistema, cuya norma estándar internacional corresponde a la ISO 50001. A continuación, se presentan las etapas de un Sistema de Gestión de Energía de acuerdo con lo estipulado en dicha norma.

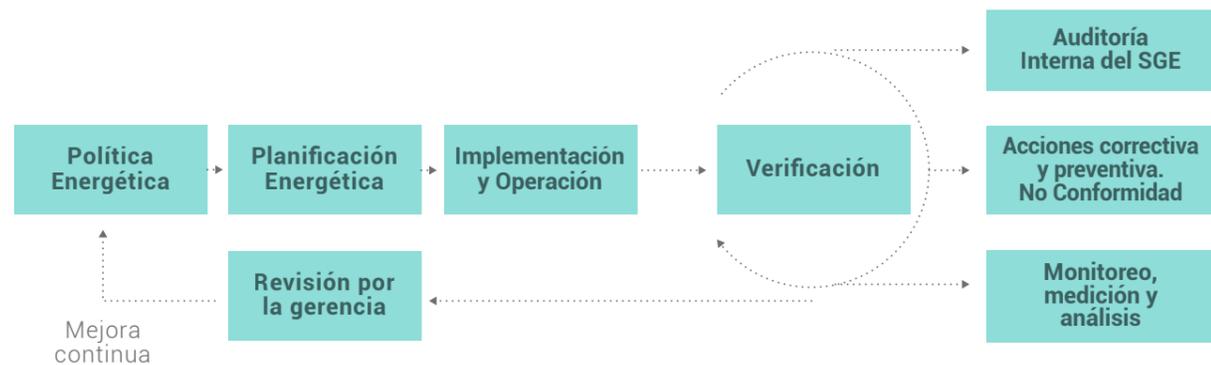


Ilustración 2. Etapas de un SGE

Fuente: Elaboración propia basado en norma ISO 50001.

Así como lo presenta la norma internacional es también relevante mencionar que para Colombia la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) ha preparado una Guía Para La Implementación De Planes De Gestión Eficiente De La Energía En Entidades Públicas, en donde se establece el contenido de dichos planes.

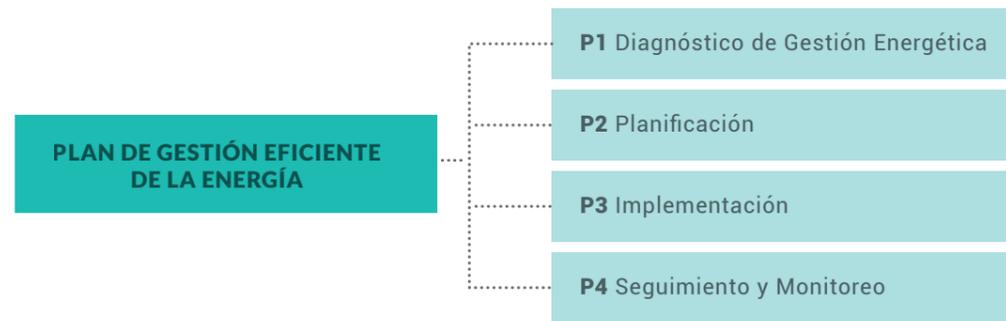


Ilustración 3. Partes esenciales de un PGEE

Fuente: UPME, 2018.

Como se observa en la figura anterior, el diagnóstico es una parte clave de un PGEE, y se enfatiza que este producto correspondería a una parte importante de dicho diagnóstico de gestión que, según la UPME en su Guía, debe contemplar: "el levantamiento de información relevante para caracterizar la entidad en sus diversos ámbitos de gestión, incluidos los administrativos, de personal y operativos y de manera transversal la gestión energética de la entidad". Eventualmente este producto puede servir como insumo para la elaboración de un PGEE para los edificios de la administración del Municipio de Tópaga.

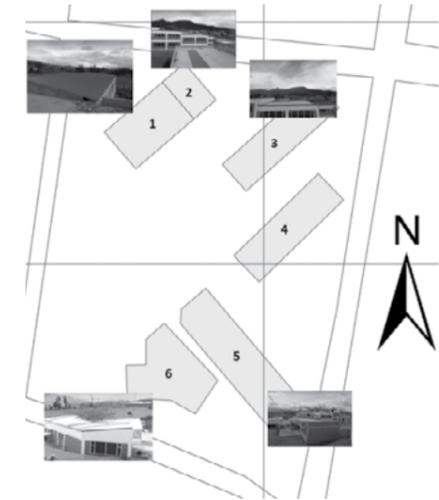
3.1.1 INSTALACIONES

Ubicada en la manzana enmarcada por la calle 6 y 7, y la carrera 6 y 7 en el casco urbano del Municipio de Tópaga, la sede de la primaria de la Institución Educativa Carlos Julio Umaña es un conjunto de edificaciones de una y dos plantas ubicadas distribuidas al largo y ancho de la manzana. No hay árboles o estructuras elevadas alrededor de los edificios, por lo que no hay fuentes de sombra más que las edificaciones mismas.



Foto 1. Visual satelital del IECJU

Fuente: Google Maps, 2020.



Bloque	Nombre	Área (m2)
1	Auditorio	158
2	Placa	60
3	Aulas 1	188
4	Aulas 2	183
5	Aulas 3	282
6	Comedor	195

Ilustración 4. Representación esquemática del IECJU

Fuente: Administración Tópaga, 2020.

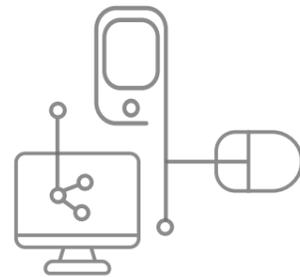
Los edificios representados en la figura anterior representan todo el conjunto de edificios que se consideran para este estudio y limitan el alcance del diagnóstico energético a las actividades realizadas al interior de estas dependencias.

3.1.2 CONSUMO ENERGÉTICO Y EQUIPAMIENTOS ELÉCTRICOS

Asociado a estas instalaciones, se tienen los siguientes datos de consumo mensual:

MES	CONSUMO (kWh)	COSTO (\$)
ene-19	442	\$252.824,00
feb-19	395	\$225.940,00
abr-19	352	\$201.344,00
may-19	418	\$239.096,00
jun-19	338	\$201.344,00
may-19	418	\$193.336,00
Promedio	389	\$ 222.500,00

Tabla 4. Consumo energético y su costo mensual
Fuente: Trabajo de campo, 2020.



Este consumo es generado esencialmente en el horario de siete de la mañana hasta las tres de la tarde de lunes a viernes por alrededor de 190 personas entre profesores y estudiantes, que durante el desempeño de sus actividades utilizan los siguientes equipos

EQUIPO	CANTIDAD	POTENCIA (W)
Computadores	15	110
Portátiles	20	110
Proyector	1	650
Sistema de sonido	1	1200
Refrigerador	2	165
Congelador	1	530
Router Wifi	1	150

Tabla 5. Equipos eléctricos IECJU
Fuente: Trabajo de campo, 2020.



Foto 2. Equipo congelador
Fuente: IECJU, 2020.

Ahora bien, es importante tener presente que llegaron recientemente a las instalaciones unos equipos nuevos de computo que van a ser utilizados en el año 2021. Estos nuevos equipos vana a aumentar el consumo por lo tanto deben ser tenidos en cuenta para el dimensionamiento FV y las medidas EE. A continuación, se presentan los números asociados.

AUMENTO DE CONSUMO POR EQUIPOS TECNOLÓGICOS			
Consumo promedio mensual factura (kWh)	389	Uso diario de los pcs/router (horas)	6
Cantidad computadores portátiles	20	Uso al mes de los equipos (días)	22
Consumo promedio pc portátil (W)	60	Consumo mes computadores (kWh)	158,4
Cantidad routers internet	1	Consumo mes router/internet (kWh)	1,6
Consumo promedio router (W)	12	Nuevo consumo total de la Institución (kWh)	549

Tabla 6. Incremento en consumos para 2021

Fuente: Equipo consultor, 2020.

Con respecto a su iluminación, las instalaciones cuentan con los siguientes juegos de luces:

	TIPO DE LÁMPARA	POTENCIA (W)	CANTIDAD
ILUMINACIÓN INTERNA	Lámpara fluorescente 60 cm T8	17	140
	Lámpara fluorescente 60cm T8	17	14
ILUMINACIÓN EXTERNA	Bombillos Incandescentes	60	3
	Bombillos LED	18	6

Tabla 7. Inventario de lámparas IECJU

Fuente: Elaboración propia con datos facilitados por el punto focal, 2020

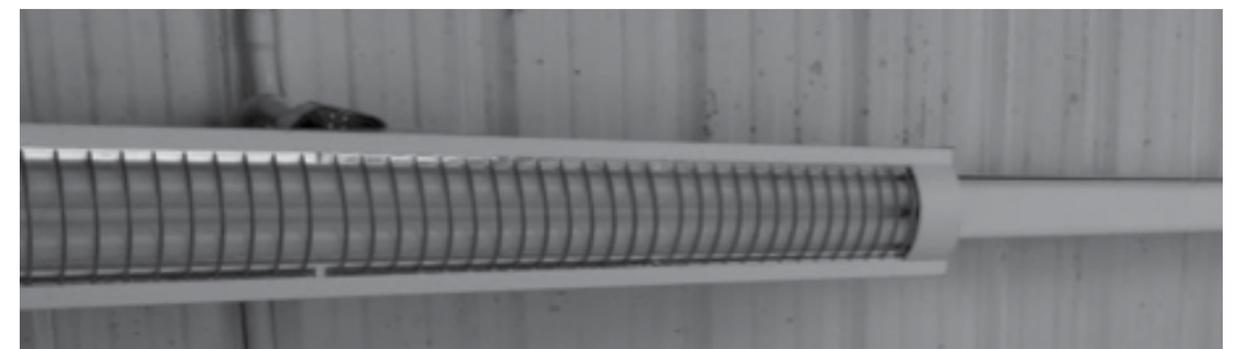


Foto 3. Luminarias tipo usadas en las instalaciones

Fuente: IECJU, 2020.

3.2 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

En las siguientes fotos se observa como los bloques del colegio son de una construcción amplia, con grandes salones, grandes ventanas y espacios abiertos. Estas son características importantes que dan a la IECJU luminosidad natural en sus espacios y generan sensación de amplitud. Es preciso tener en cuenta que Tópaga se encuentra ubicada a 2900 m.s.n.m. con temperaturas que promedian mínimos 6°C y máximos de 15°C, con sensaciones térmicas que van de lo muy frío a lo fresco sin llegar a lo confortable

(Weather Spark, 2020). Estos factores revelan que efectivamente equipos de aclimatización no son necesarios en estas instalaciones pues no hace falta enfriar los espacios y la gente que habita la zona se basta de su ropa y abrigo para permanecer cómodos térmicamente, y no se requiere de calentamiento de espacios.



Foto 4. Bloques vistos desde la esquina suroriental del prédio

Fuente: IECJU, 2020.



Foto 5. Bloque de aulas 1

Fuente: IECJU, 2020.

Teniendo en cuenta los equipamientos y las características del edificio, se identifican las siguientes medidas de EE:

Ajuste de las opciones de energía



Si se considera conveniente, configurar los computadores para que, durante las horas de descanso de los niños, los equipos no queden prendidos y se puedan poner en modo de hibernación con el botón de apagado o cerrando la tapa de los que son portátiles. De esta manera, se puede restaurar fácilmente la sesión y volver rápidamente al estado previo de programas y archivos abiertos antes de hibernar el computador y sin perder información.
Costo: Ninguno

Reemplazo de tubulares fluorescentes

Actualmente el colegio cuenta con tubulares fluorescentes para su iluminación. El cambiar esta tecnología menos eficiente, fluorescente con relleno de gases, por tecnología de Diodo Emisor de Luz (LED) es un paso claro hacia la EE. La tecnología LED presenta varias ventajas sobre tecnologías en el pasado convencionales, como mayor vida útil, más lumens por watt consumido, ofrecen diferentes temperaturas de luz, no se desgastan con ciclos de encendido/apagado, son fácilmente dimerizables, son resistentes a los choques entre otros beneficios que se reflejan en ahorro de dinero y energía. Los tubulares fluorescentes que actualmente iluminan las instalaciones consumen hasta un 65% más de energía que los tubulares LED cuya vida útil es

generalmente el triple de contrapartes fluorescentes que a su vez tienen similar o menor flujo lumínico.

El reemplazo del restante de las 157 lámparas que no son LED, resultaría en una disminución de hasta el 50% de energía en iluminación. El costo aproximado de cambiar 157 lámparas ronda 1,800,000 COP a lo que se le debe sumar dos días de fuerza de trabajo.

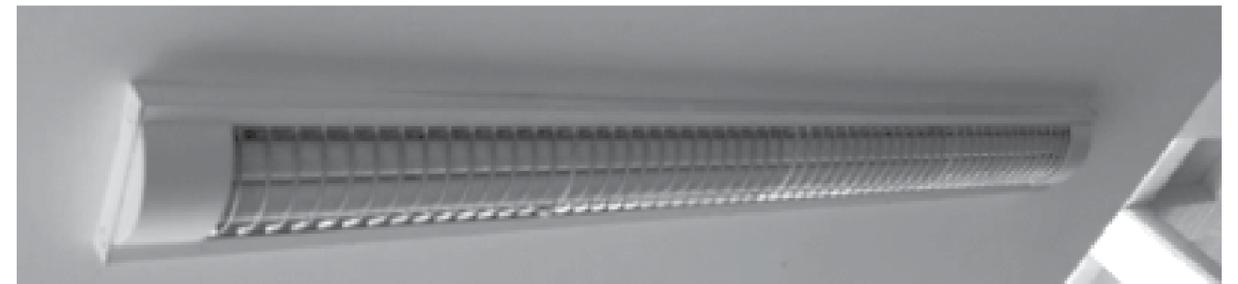


Foto 6. Lámpara tipo IECJU

Fuente: IECJU, 2020.

Instalación de sensores de presencia con temporizadores en áreas comunes

Los sensores de presencia o movimiento conectan o desconectan automáticamente la iluminación en función de detectar a través del movimiento la presencia o no de personas en el área de detección. Se suelen utilizar en zonas donde el paso de personas no es continuo, como en baños, cocinas, almacenes, pasillos, bodegas, etcetera. Es común ocurrencia que la luz de baños y áreas comunes quede encendida cuando no se está usando. Por esto podría resultar conveniente estudiar la opción de instalar sensores de movimiento de incrustar en la pared como el que se observa en la siguiente imagen. Este producto detecta cuando hay movimiento frente al apagador y por lo tanto es ideal para estas áreas pequeñas sin requerir nuevas conexiones pues todo sucede dentro del apagador.

biente regulable entre <10 – 2000 Lux, cuenta con un tiempo de espera de 10 segundos o 1, 5 u 8 minutos (Ecolite, 2020). De acuerdo a la Guía de consumo conciente de la UPME, el potencial de ahorro se considera medio, entre un 10 y 30 % del consumo eléctrico total de las lámparas que utilicen el sistema, dependiendo de las características particulares de la instalación y del uso que se haga de la misma.

Una cuadrilla eléctrica que cuenta con un ingeniero eléctrico (dedicación 30%), un oficial y un ayudante cuesta diariamente \$243,422.00 (Construdata, 2020).



Foto 7. Sensor de movimiento para incrustar

Fuente: (Ecolite, 2020)

Un sensor de movimiento como el de la foto tiene un consumo de energía de 0.5W, rango de detección de 180°, es para instalar a una altura de 1 a 1.8mts, con una distancia de detección de 9 mts, además tiene detección de luz am-

Plan de Mantenimiento



Foto 8. Contador
Fuente: IECJU, 2020.



Foto 9. Ficha EE refrigerador
Fuente: IECJU, 2020.

Parte de la eficiencia energética es un buen mantenimiento de equipo e instalaciones. Es muy importante realizar inspecciones de mantenimiento periódicas en las cuales se compruebe el correcto funcionamiento de los elementos de seguridad tales como puestas a tierra, interruptores, empalmes, protecciones y demás elementos del sistema para así poder asegurar la integridad de éste y que los usuarios y equipos no se encuentren bajo riesgo de daños o pérdidas. Se recomienda entonces diseñar un plan de revisión y mantenimiento periódico.

El equipamiento con el que cuenta las instalaciones es moderno y eficiente desde el punto de vista energético y no se prevé que haya necesidad de reemplazarlo. Sin embargo, es preciso tener en cuenta los periodos de mantenimiento recomendados para cada equipo y mantener un plan activo de mantenimiento en el que periódicamente se hagan los chequeos respectivos.

Así mismo se recomienda poner en marcha un plan de mantenimiento y limpieza donde se cambien las lámparas dañadas, se limpie su capa de polvo y se revise la integridad del sistema y su cableado. La calidad en la iluminación disminuye si las lámparas y los accesorios no están limpios. Las capas de polvo sobre lámparas y reflectores disminuyen la salida de la luz, por lo que deben limpiarse por lo menos una vez al año (UPME, 2014).



Foto 10. Ficha Técnica Congelador

Fuente: IECJU, 2020.



Foto 11. Lámparas fluorescentes en baños

Fuente: IECJU, 2020.



Foto 12. Lámpara en bloque de aulas 2

Fuente: IECJU, 2020.

Plan de Seguimiento Y Monitoreo

Como una de las medidas de eficiencia energética se involucra un Plan de Seguimiento y Monitoreo pues todas las medidas de eficiencia planteadas anteriormente no podrán ser consideradas realmente eficientes si su desempeño y beneficios asociados no se miden de una forma u otra. Además, el seguimiento y monitoreo se hacen indispensable en aras de la mejora continua, para poder identi-

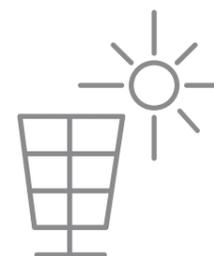
ficar dónde se puede mejorar, dónde están los beneficios, cuánto se ha podido ahorrar, cómo se percibe el ambiente de las instalaciones y en general qué resultados y aprendizajes se pueden recoger de la experiencia.

Se recomienda establecer indicadores cualitativos y cuantitativos, tanto de desempeño general como para cada una de las medidas planteadas. Los resultados se pueden evaluar semestralmente teniendo en cuenta que cierta información pueda requerir ser consignada en periodos más cortos de tiempo.

3.3 PROYECTO SOLAR FOTOVOLTAICO²

La iniciativa de una instalación fotovoltaica surge como opción para hacer de las instalaciones del IECJU un ejemplo de diversificación del mercado energético dentro del municipio, así como mostrar los requerimientos

y el proceso que demanda una instalación FV para así poder replicar en el futuro. Un sistema FV aporta a la seguridad energética y a la diversificación de la matriz de generación de electricidad y representa beneficios económicos para quien decide poner en marcha estas soluciones.



2. Considera lo acordado dentro del alcance del proyecto básico y proyecto ejecutivo FV

3.3.1 SERVICIOS REQUERIDOS POR UN SISTEMA FOTOVOLTAICO

Como servicios requeridos por un sistema fotovoltaico se entienden los sistemas, operaciones, equipos técnicos especializados que deben ser desplegados para la ejecución de ciertas operaciones clave para el desarrollo del proyecto en sus distintas etapas. Tales como:

- Pre-factibilidad y diseños preliminares.
- Diseño de detalle y concepto técnico.
- Licitación y/o contratación.
- Instalación.
- Operación y mantenimiento.



Estas todas son etapas que representan los servicios requeridos por el sistema y que tienen sus demandas propias cuya atención requiere disponer de servicios especializados. Dentro de estas etapas el diseño de detalle y la instalación son de crucial importancia y por ello es importante aclarar algunos de los mínimos esperados del equipo encargado de estas etapas, a saber:

- Recolección de información primaria y secundaria para diagnóstico preliminar
- Visita de campo para establecer condiciones de la instalación.
- Diseño de detalle y presentación de cómo se va a realizar.
- Detalle de equipos y material requerido con justificación de dicho equipamiento.
- Especificación de protecciones del sistema.
- Calendario de ejecución.
- Guía de operación y plan de mantenimiento.

3.3.2 CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ESPACIO

Las instalaciones del colegio se encuentran ubicadas en 5.77072, -72.8359137 (Sistema de coordenadas WGS84). En la siguiente imagen se puede apreciar la orientación de los techos con respecto al norte magnético de la Tierra y se observan las áreas circundantes de los techos. Cabe resaltar que para una instalación FV es clave tener en cuenta aspectos como la orientación del techo, sus materiales, la estructura que lo soporta, qué obstáculos se encuentran alrededor y la inclinación del mismo.

En general la imagen revela techos despejados, amplios y sin sombras generadas entre edificaciones. Hay zonas circundantes despejadas sin árboles ni elementos más altos que los techos mismos. Esto es una ventaja pues se sabe que de entrada la radiación que llega a los paneles va a depender de su orientación, inclinación y las condiciones atmosféricas más no se va a ver limitada por sombras.



Foto 13. Vista aérea de IECJU

Fuente: Google Maps, 2020.

En este sentido el área donde se pueden poner paneles se ve limitada por la necesidad de tener franjas de acceso y mantenimiento pero en general no se ven limitadas por zonas de sombra como ocurre cuando hay árboles u otros edificios más altos alrededor.

De acuerdo con la foto anterior y otras referencias espaciales de la evidencia recolectada, se sabe que los techos del edificio sur de aulas uno tiene inclinación sur este con una ligera pendiente de no más de 15° que se ajusta perfecto a las necesidades geoespaciales para la ubicación y orientación de los paneles. Pues según recomendaciones generales de la literatura, para lograr la mayor incidencia de los rayos del sol el ángulo de inclinación debe ser máximo de 15° con respecto al eje horizontal y no totalmente horizontal de manera que el agua corra y no se empoce sobre la superficie de los paneles. En el caso de los edificios en teja española y de acuerdo con las mediciones de campo, la inclinación del techo es de 18°. Aunque la inclinación es mayor a la recomendada, dado que, como se mencionó an-

teriormente, Colombia se ubica en la zona ecuatorial, unos cuantos grados en el ángulo de inclinación no afectan negativa ni significativamente la generación del panel y al tiempo asegura un drenaje del agua cuando llueve. Ahora bien, en lugares de latitud menor a 10° como Tópaga, se recomienda inclinar los paneles hacia la línea ecuatorial y como se quiere generar más energía en la mañana la dirección suroriental es ideal pues se orienta hacia el Ecuador y va a recibir la mayor cantidad de radiación en horas de la mañana.

Como se puede observar en la siguiente imagen y la anterior, las columnas y placas de estos bloques son de concreto sólido gruesas y mu robustas por lo que la integridad estructural del edificio seguro no se vería afectada por el peso de los paneles y seguro puede cargar el peso. Ahora bien, es preciso que en su momento se haga una revisión estructural de la subestructura que carga con el techo para saber si esta resistiría el peso de los paneles sin poner en riesgo la vida de nadie.



Foto 14. Estructura desnuda del bloque de Aulas 3

Fuente: IECJU, 2020.

De acuerdo con la foto anterior y otras referencias espaciales de la evidencia recolectada, se sabe que los techos del edificio sur de aulas uno tiene inclinación sur este con una ligera pendiente de no más de 15° que se ajusta perfecto a las necesidades geoespaciales para la ubicación y orientación de los paneles. Pues según recomendaciones

generales de la literatura, para lograr la mayor incidencia de los rayos del sol el ángulo de inclinación debe ser máximo de 15° con respecto al eje horizontal y no totalmente horizontal de manera que el agua corra y no se empoce sobre la superficie de los paneles. En el caso de los edificios en teja española y de acuerdo con las mediciones de campo,

la inclinación del techo es de 18°. Aunque la inclinación es mayor a la recomendada, dado que, como se mencionó anteriormente, Colombia se ubica en la zona ecuatorial, unos cuantos grados en el ángulo de inclinación no afectan negativa ni significativamente la generación del panel y al tiempo asegura un drenaje del agua cuando llueve. Ahora bien, en lugares de latitud menor a 10° como Tópaga, se recomienda inclinar los paneles hacia la línea ecuatorial y como se quiere generar más energía en la mañana la dirección suroriental es ideal pues se orienta hacia el Ecuador y va a recibir la mayor cantidad de radiación en horas de la mañana.



Foto 15. Bloque norte del Aulas 2

Fuente: IECJU, 2020.

Como se puede observar en la siguiente imagen y la anterior, las columnas y placas de estos bloques son de concreto sólido gruesas y mu robustas por lo que la integridad estructural del edificio seguro no se vería afectada por el peso de los paneles y seguro puede cargar el peso. Ahora bien, es preciso que en su momento se haga una revisión estructural de la subestructura que carga con el techo para saber si esta resistiría el peso de los paneles sin poner en riesgo la vida de nadie.



Foto 16. Techo donde se aprecia subestructura y tejas trapezoidales

Fuente: IECJU, 2020.

3.3.3 DIMENSIONAMIENTO DEL PROYECTO FOTOVOLTAICO

De acuerdo con las estimaciones preliminares basadas en la demanda histórica de la institución y los nuevos equipos que han llegado a la sala de sistemas, se propone un escenario que contempla estas variables y ofrece una generación que no produzca muchos excedentes al sistema pues la tensión de la red y el punto desde donde se baja la energía no soporta más de 15kW.

Dentro de estas estimaciones STC corresponde a condiciones estándar de pruebas y representan condiciones ideales de generación que son

reproducidas en laboratorios en aras de tener una referencia estándar para poder comparar eficiencias. STC entonces representa la generación máxima que puede alcanzar el panel de acuerdo a su capacidad. NOCT por su parte se define como la Temperatura Normal de Operación de la Célula, y corresponde a condiciones operacionales más comunes y menos ideales que se tienen en cuenta para no sobreestimar la producción real de los paneles.

Los cálculos asociados al escenario se presentan bajo estas condiciones (STC y NOCT) con ánimo de establecer un rango razonable en el que se puede esperar se encuentre la generación del arreglo y poder tener una referencia a la hora de evaluar las ofertas técnicas de los proponentes y poder determinar qué valores hacen sentido y reflejan una buena aproximación a las demandas de este proyecto.



Ilustración 5. Mapa inicial de áreas disponibles

Fuente: IECJU, 2020.

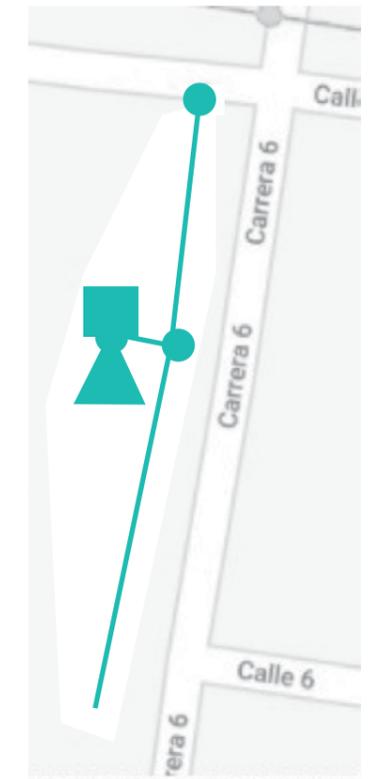


Ilustración 6. Punto de conexión

Fuente: (EBSA, 2020)

Al final se decidió ubicar 16 paneles solares distribuidos sobre los techos 4 y 5 en la anterior figura, que corresponden al edificio de aulas 2. Con un arreglo de este tamaño se puede proveer entre el 81% y el 110% como máximo del consumo calculado para la institución.

DIMENSIÓN POSIBLE DEL SISTEMA FV					
	STC*	NOCT		STC*	NOCT
Pmax (Wp)	320	239	Consumo mensual estimado kWh	549,0	549,0
Cantidad paneles	16	16	Precio en factura COP/kWh	572	572
Potencia del arreglo (DC) kW	5,12	3,8	% generado con respecto al consumo	109,1	81,5
Horas de radiación solar	4	4	Ahorro mensual COP	314.018,85	255.917,38
Generación mensual kWh	599,04	447,4	generación degradación 5 años	6.847,03	5.113,87
Generación anual kWh	7188,48	5368,9	generación degradación 12 años	6.563,98	4.902,47
			generación degradación 25 años	6.038,32	4.509,87

Tabla 8. Proyecciones del arreglo 1

Fuente: Equipo Consultor, 2020.

Este tamaño de arreglo generaría un ahorro anual entre los 3,000,000 COP y 3,770,000 COP. La calculadora fotovoltaica se encuentra en el Anexo 3.

3.3.4 REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO2

De acuerdo al cálculo del Factor de Emisión del Sistema Interconectado Nacional revisado en Diciembre de 2019 por la UPME, para proyectos de Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL), el factor de emisión que puede ser utilizado para estimar emisiones reducidas en proyectos cuyas actividades resultan en ahorros de electricidad y esta electrici-

dad ahorrada habría sido suministrada por la red, es de 0.381 tCO2/MWh.

Se estima que los 16 paneles de la instalación generen entre 5,370 kWh y 7,200 kWh anuales. Esto anualmente corresponde entre 2 y 2,75 tCO2 que en un periodo de 25 años de vida útil del proyecto (la vida útil de los paneles es de 25 años), representa entre 50 y 68,5 MWh tCO2 que se dejan de emitir a la atmosfera. En el Anexo 3 se encuentra la calculadora de emisiones.

3.3.5 EQUIPOS REQUERIDOS

Paneles Solares

El panel de referencia a ser utilizado será Jinko Solar Eagle 300-320 Watt, monocristalino de 60 módulos con tecnología PERC, un panel de tamaño medio que se ajusta a las necesidades energéticas de la institución con tecnología avanzada en su vidrio que permite retención mejorada de luz en condiciones de baja luminosidad. El panel mono-

cristalino presenta varias ventajas sobre el policristalino, siendo la principal que es más eficiente.

Este panel tiene unas dimensiones de 992 mm x 1650 mm y tiene garantía por rendimiento lineal como se aprecia en la siguiente figura. Se escogió de este tamaño dadas las condiciones de amplitud en el techo y que no se requiere generar a niveles de paneles de mayor potencia y mayor tamaño.

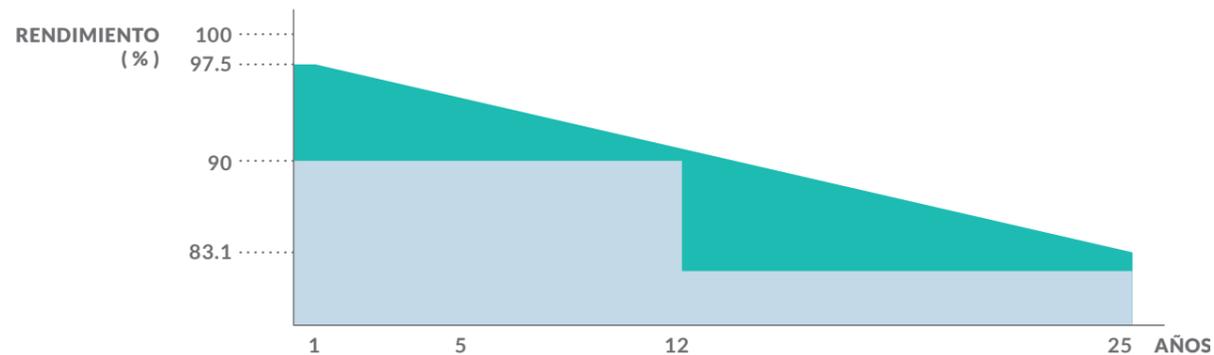


Ilustración 7. Rendimiento en el tiempo garantizado para el panel

Fuente: Adaptado de (JINKO, 2020)

Se recomienda que el panel presentado por los oferentes sea monocristalino con tecnología PERC y con garantía de producto y de rendimiento de producto.

Arreglo de los paneles

Los 16 paneles del arreglo se organizarán en 4 grupos de 4 paneles conectados en serie. Estos cuatro grupos a su vez estarán conectados en paralelo. El circuito de paneles en serie mantiene la corriente de uno de los paneles, pero incrementa el voltaje, de forma que se suma el Voc de cada panel en serie. Por el contrario,

el circuito de los paneles en paralelo mantiene el nivel de tensión de los paneles, pero incrementa la corriente, resultando en la suma de la Isc de cada panel en paralelo. Por lo tanto, la salida DC del arreglo tendrá un voltaje de 163,6 V y una corriente de 40,6 A.

El siguiente diagrama representa un arreglo de cuatro paneles en serie, conectados a sus respectivos micro inversores

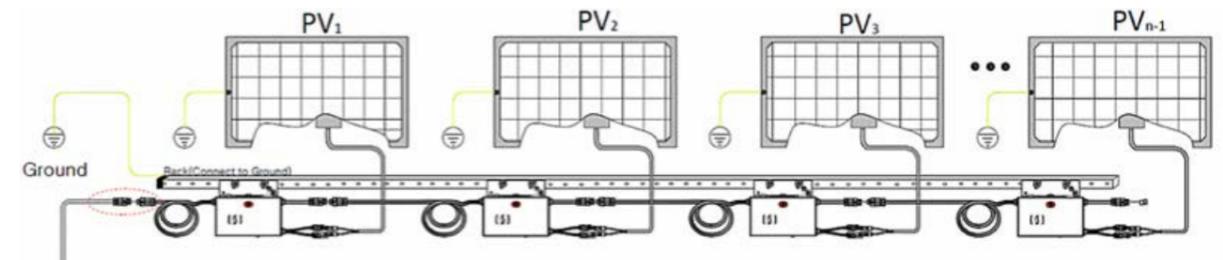


Ilustración 8. Arreglo esquemático en serie con micro inversores Fuente: A Fuente: Adaptado de (GWL, 2014) adaptado de (JINKO, 2020)

Conectores y cables

Como se puede observar en la figura anterior cada panel tiene una salida negativa y una positiva, es decir un cable positivo y otro negativo que entran al microinversor con acoples estándar MC4 macho y hembra. A la salida del microinversor se utiliza un cable de que conecta los microinversores y varía según el fabricante. En las siguiente imagen se aprecia el detalle de la entrada al microinversor con acoples MC4 (parte superior) y la salida del microinversor con cable del fabricante (parte inferior).



Foto 17. Cables de entrada y salida de un microinversor Fuente: (Enphase, 2020)

Para este sistema es requerido algunos accesorios de cableado extra que sirven para completar todas las conexiones, cerrar terminales y dejar a punto el sistema. Son los siguientes:



Sin entrar en más detalles se aclara que tales elementos son cruciales y es preciso que sean de la más alta calidad, y en el caso de los microinversores, del mismo fabricante.



Ilustración 9. Conectores MC4 macho y hembra
Fuente: (Stäubli, 2020)



Foto 18. Cable Q de Enphase (salida AC)
Fuente: (Enphase, 2020)

Estructura

Cuando se habla de estructura se habla del sistema de soporte al que se anclan los paneles solares, bien sea al suelo, a una pared o a un techo. Sin sistema de anclaje no hay sistema fotovoltaico. Su importancia no

puede ser subestimada pues básicamente sostiene todo el arreglo en su lugar, y si el sistema falla las consecuencias pueden ser económicamente devastadoras, si es que no resulta en pérdida de vidas humanas por paneles arrancados de sus soportes y cayendo desde las alturas sobre incautos peatones.

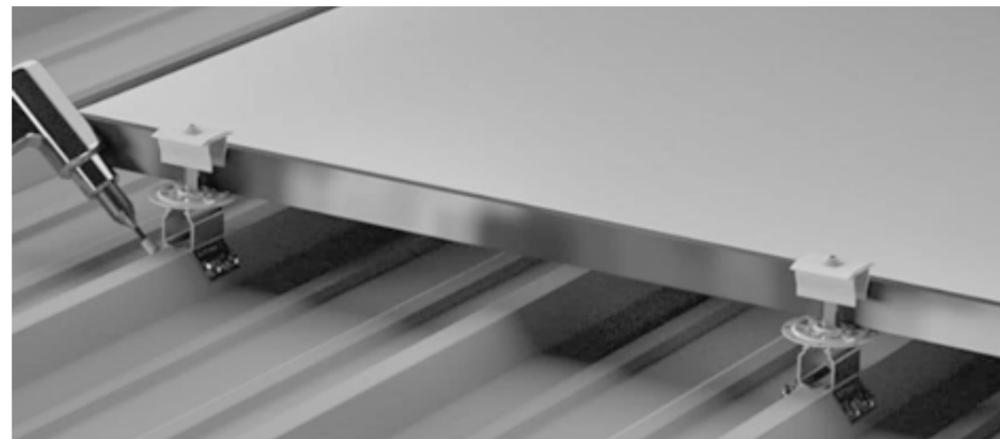


Ilustración 10. Sistema de anclaje seleccionado. Broches para junta adyacente.

Fuente: (S-51, 2020)

Hay mil y un sistemas de anclaje que varían según condiciones de la superficie donde se vayan a ubicar, si es techo, pared o suelo, su inclinación, posibilidades de fijación, necesidad de movimiento, tamaño de los paneles, etcétera. En el caso de la alternativa seleccionada se tiene un techo que es de teja trapezoidal. Para este caso en particular, dado el tipo de anclaje escogido, no

hace diferencia más que en eventualmente confirmar las medidas del paso de la teja y así poder elegir la grapa correcta. Por grapa se entiende la pieza que va directamente al techo en este sistema de anclaje directo sin rieles. En la imagen de la izquierda se puede observar dicha grapa pegada al techo (en este caso grafado) y sosteniendo sobre sí la pequeña estructura de aluminio que ajusta el panel y el disco que los soporta. El conjunto de broche y disco son universales y se pueden montar sobre la grapa trapezoidal requerida por el techo, como la que se muestra en la imagen de la derecha.

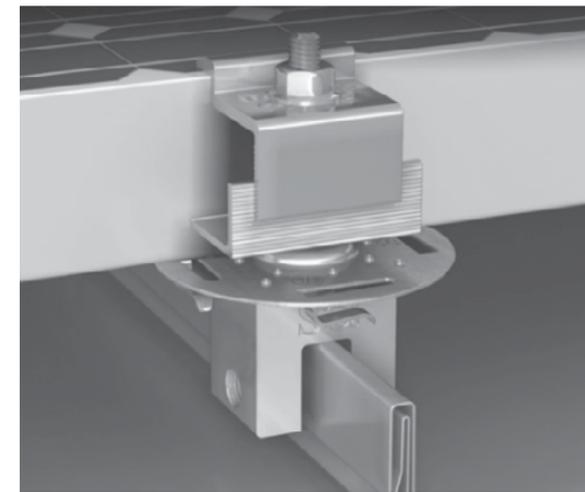


Ilustración 11. Broche de borde en techo grafado
Fuente: (S-51, 2020)

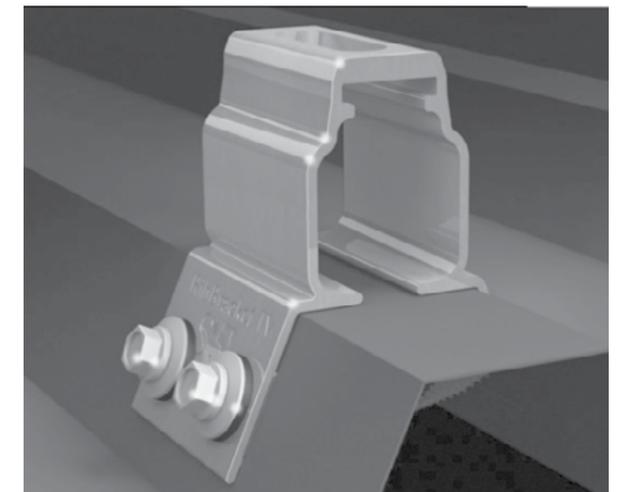


Ilustración 12. Grapa para techo trapezoidal
Fuente: (S-51, 2020)

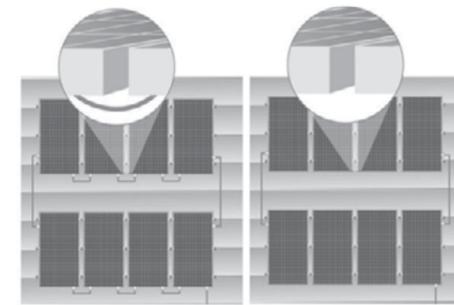


Ilustración 13. Sistema convencional vs anclaje directo
Fuente: (S-51, 2020)

Una de las ventajas de este sistema es que como los broches son metálicos, al ser ubicados para fijar dos paneles adyacentes, dan continuidad al sistema para la tierra y entonces no se tienen que conectar los paneles con cables dentro de una serie, si no únicamente para conectar series en paralelo y conectar a tierra. Esto de por sí representa un ahorro en tiempo de instalación y materiales mientras que disminuye el riesgo de falla pues no hay partes que se puedan desconectar.

Cabe aclarar que hay broches para juntas adyacentes y broches para los costados que quedan al borde del arreglo.

Marco y clip de montaje

Dado que el anclaje se va a realizar sin rieles de montaje, en los que usualmente se aseguran los microinversores, es preciso utilizar otro sistema para fijar los microinversores y asegurar que no vayan a causar accidentes por estar

sueltos. Con esto en mente en el mercado se encuentra una solución que consta de un marco que se fija a la estructura del panel y a su vez sirve de base para fijar el microinversor, así como un clip que va también al marco y al que se aseguran los cables de salida. Estas piezas están hechas en aluminio resistente y a prueba de óxido.



Foto 19. Marco y clips de montaje para sistemas sin rieles



Fuente: (Enphase, 2020)

Micro inversores



Figura 1. Enphase IQ6+ Fuente:(Enphase, 2020)

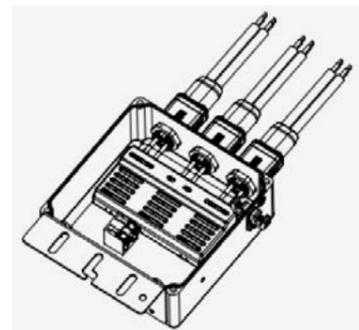
La función principal de un inversor solar es convertir la electricidad de corriente directa (DC) producida por los paneles solares a corriente alterna (AC). AC es el tipo de energía que utilizan los electrodomésticos.

La segunda función de un inversor solar es maximizar la entrega de poder que se obtiene de los paneles solares. Esto lo hace manipulando el voltaje y amperaje de la salida DC para así maximizar la cantidad de poder que produce cierto nivel de irradiación en dicho arreglo solar. Un inversor de cadena (es decir un inversor que recibe la producción eléctrica de todo el arreglo) manipula el voltaje y amperaje de salida de todo el arreglo mientras que un micro-inversor va a manipular el amperaje y voltaje de cada panel para maximizar su producción individual.

Para la selección del inversor se utilizan los valores de voltaje de circuito abierto (Voc) y la corriente de corto circuito (Isc) del panel elegido. Para este arreglo se decidió utilizar microinversores dada su larga vida útil (alrededor de 100 años con garantía de 25 años), su falta de partes móviles que tienden a fallar, su capacidad de no dejar afectar el resto de la producción si un panel del arreglo disminuye su producción por alguna obstrucción, así como la baja tensión que manejan y que permite que no se excedan los 60 V de CC y se eviten riesgos potenciales de fallas de arco e incendio.

Teniendo esto en cuenta se recomienda un inversor como el Enphase IQ6+ o uno de características similares.

Agregador



El agregador es parte vital del sistema que acompaña una instalación de microinversores. Este aparato se encarga de juntar hasta tres cadenas de microinversores y agregar su corriente unificándolas en una sola línea con su correspondiente positivo y negativo.

Ilustración 14. Agregador Q Fuente: (Enphase, 2020)

Cableado

El cableado es por donde las corrientes eléctricas se mueven y dan vida a todo el sistema. Es preciso tener en cuenta que se requiere un cableado especial para mover la corriente directa del panel al inversor, y unos cables diferentes para mover la

corriente alterna que sale del inversor y llega a alimentar el tablero principal. Los cables deben cumplir con estándares de calidad internacionales pues deben poder ser dejados a la intemperie, ser enterrados, soportar altas temperaturas en ambientes secos y húmedos, no contribuir a la propagación de incendios, resistir impactos y dobleces, gasolinas y aceites.

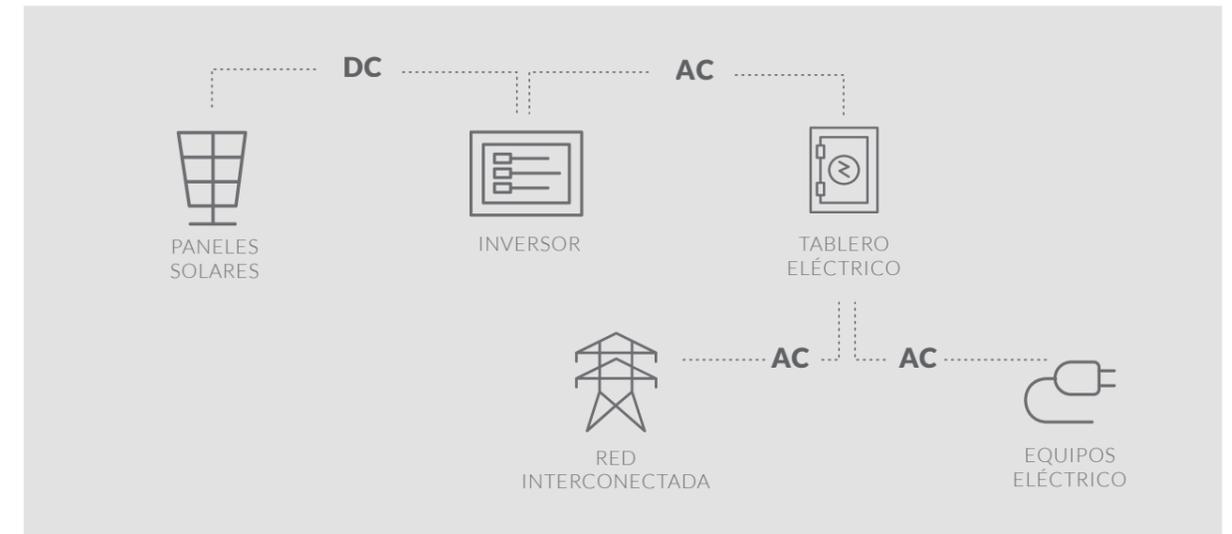


Ilustración 15. Tipo de corrientes y conexiones dentro del sistema

Fuente: Adaptado de Solar Reviews, 2020)

Para el caso de la conducción DC de los paneles a el inversor, se puede seleccionar el cable Centelsa Fotovoltaico Tipo PV, EPR+CPE 2000V 90°C SR de calibre 8AWG de 7 hilos, o uno de similares características. Este en específico es un cable formado por un conductor de cobre suave, con aislamiento de etileno propileno (EPR) y una cubierta de polietileno clorado (CPE). Con un voltaje máximo de operación de 2000V, una temperatura máxima de operación de 90°C en ambiente seco húmedo o mojado y resistente a la luz solar (SR - Sunlight Resistant).



Ilustración 16. Cable para conexión DC entre los paneles y el inversor

Fuente: (CENTELSA, 2020)

Para la parte de corriente alterna, es decir entre el inversor y la acometida, se selecciona un cable de alto estándar: extra flexible (clase J) extra deslizable con aislamiento en PVC retardante a la llama, resistente a la abrasión, al impacto, a la intemperie, al calor y la humedad y con una chaqueta externa de poliamida (nylon). En este caso particular el cable seleccionado ha sido el Centelfex Plus de calibre 8AWG, que cumple con el RETIE y las norma NTC 5916.



Ilustración 17. Cable para conexión AC entre el inversor y la acometida

Fuente: (CENTELSA, 2020)

Con respecto a la elección del calibre del cable, es clave tener en cuenta las caídas de tensión debido a la distancia entre elementos del sistema. Por ejemplo se tiene que entre los paneles y el inversor la caída sea máximo de 3% y recomendada de 1%. Entre menos calibre más pérdidas y caída de tensión, entre más distancia entre elementos más calibre se requiere para evitar pérdidas. Para estos cálculos de calibre y pérdidas es preciso valerse de una calculadora de secciones de cable y tener a mano datos de longitud, corriente, tensión y pérdidas aceptables.

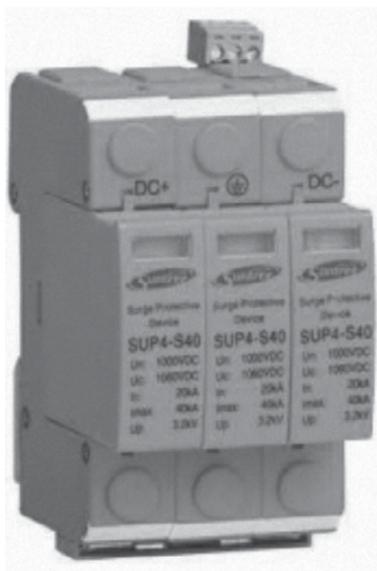
Sistema de protección

El sistema de protección es una parte vital del sistema fotovoltaico y quizás la más importante a la hora de evitar accidentes potencialmente fatales. De fallas en este sistema se pueden desprender cortos circuitos, incendios, daño de equipo valioso, electrocución y/o muerte.

Es vital tener presente que tiene que haber una línea equipotencial donde todas las partes metálicas del sistema estén conectadas y vayan a tierra. Ahora bien, aunque Tópaga no es conocido por sus tormentas eléctricas, debe haber también una protección de pararrayos.

Sobre el sistema de protección, puntualmente la puesta a tierra, el RETIE ofrece las siguientes pautas:

- (21.8.2 q.)
Cuando las tensiones nominales en corriente continua sean superiores a ±48 V en instalaciones solares fotovoltaicas, deben contar con un sistema de puesta a tierra, a la que debe conectarse el punto neutro de la conexión, las masas metálicas y las estructuras de soporte.
- (21.8.3 g.)
Se debe proporcionar una conexión a tierra de los equipos, esto significa que todas las partes metálicas expuestas del sistema, (incluyendo gabinete del controlador, gabinete del interruptor del arreglo, marco de los módulos y estructuras de montaje), deben ser puestas a tierra mediante conductores.
- (21.8.3 h.)
El cable de puesta a tierra de los equipos debe ser de cobre aislado de color verde, con un calibre no menor al calibre del conductor principal del arreglo fotovoltaico.



Además de estas especificaciones para la conexión a tierra, es clave tener en cuenta los parámetros establecidos para las protecciones contra sobrecorriente, medios de desconexión y puesta a tierra establecidos en la NTC 2050.

Un elemento de vital importancia es el equipo de protección contra sobretensiones (SPD). Este es un elemento que se encargan de regular el voltaje que llega desde los paneles al inversor y lo protegen de picos de tensión potencialmente dañinos enviando a tierra voltajes superiores a umbrales seguros. Ayuda a prevenir arcos voltaicos y daños por fuego.

Foto 20. SPD con indicadores visuales
Fuente: Suntime, 2019)

3.3.6 COSTOS ESTIMADOS DEL PROYECTO FV

Los costos asociados al proyecto FV son inicialmente los equipos como tal. A continuación, se presenta un detalle de los costos asociados al sistema previsto.

COSTOS EQUIPOS				
ELEMENTO	TIPO	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO (COP)
Panel	Jinko solar 320W	483.200,00	16	7.731.200,00
MicroInversor	Enphase IQ6+	391.813,00	16	6.269.008,00
Estructura paneles	S-P5! PV kit + rib bracket	18.065,00	60	1.083.900,00
Medidor inteligente	Enphase Envoy-S metered	1.284.235,00	1	1.284.235,00
Conectores	MC4	12.800,00	32	409.600,00
Agregador	Enphase agregador Q	473.446,00	2	946.892,00
Terminales	Terminal de ramal Q	64.356,00	4	257.424,00
Cableado DC	Cable Q Enphase-Cable troncal portrait 1m para 60/72 celdas	57.800,00	16	924.800,00
Cableado AC	CENTELFLEX PLUS THWN-2 Cu 3x14 AWG 600V TC SR	3.822,00	20	76.440,00
DPS protección sobrevoltaje	DPS Suntime 3P 1000VDC 20-40KA	219.000,00	8	1.752.000,00
Fusibles	Fusible Worldsunlight 30A 1000V DC con caja tipo riel	63.900,00	21	1.341.900,00
Breaker totalizador	ABB Formula 15A Capacidad de Ruptura 25 KA - A1B	112.400,00	1	112.400,00
Tuberías IMC	Tubo Metalico Conduit Galvanizado IMC de 1 x 3Mts	53.950,00	11	593.450,00
Cofre metálico	50x35x20cm	153.320,00	2	306.640,00
Contador bidireccional	Trifásico MT-174 Iskra	748.000,00	1	748.000,00
Conexión a tierra	Varilla cooperweld	60.000,00	2	120.000,00
	Conductor conexión estructura paneles (m)	4.800,00	7	33.600,00
SUBTOTAL DE EQUIPOS				23.991.489,00

Tabla 9. Costos de los equipos del sistema FV

Fuente: Equipo consultor, 2020.

Dentro de los rubros a estimar y que van a tener un impacto dentro del costo final del proyecto, es importante tener en cuenta costos asociados a la mano de obra, diseño y otros procesos que se contemplan a continuación

COSTOS DE INSTALACIÓN		
Diseño e Ingeniería	12% del subtotal de equipos	2.878.978,68
Instalación	6% del subtotal de equipos	1.439.489,34
Transporte	Peajes	40.000,00
	Gasolina	100.000,00
	Gasolina	100.000,00

Tabla 10. Otros costos del sistema FV

Fuente: Equipo consultor, 2020.

Teniendo en cuenta todos estos gastos, se obtiene un valor cercano a los 30.000.000,00 COP.

3.4 ANÁLISIS DE RIESGOS

Los siguientes son algunos de los riesgos que pueden presentarse en la implementación de medidas de EE y el proyecto FV.

	RIESGO	CAUSAS POSIBLES	POSIBLE MITIGACIÓN
CATEGORÍA GOBERNANZA	Patrones de consumo de los usuarios aumenta demanda energética y elimina ahorros.	Falta de directrices internas y desarrollo de campañas de ahorro de energía.	Implementación de campañas de sensibilización y formación en EE para los usuarios. Involucramiento de los funcionarios en procesos de desarrollo de medidas EE.
	Retrasos de programación	Cronograma con bajo detalle de actividades.	Los plazos del sector público dependen de la tramitación en varios departamentos, por lo que es necesario la implicación de la alta jerarquía para definir la prioridad y acelerar el procedimiento interno. Tener cronogramas de implementación claros y detallados.
		Discrepancia entre las actividades planificadas y ejecutadas.	
Sobreestimación del sistema	Cálculos técnicos desfazados	Construcción de línea base adecuada y cálculos técnicos apropiados. Hacer salvedades sobre posible escenario post-pandemia.	
	Poca utilización del edificio en escenario post-pandemia		

CATEGORÍA TÉCNICO

RIESGO	CAUSAS POSIBLES	POSIBLE MITIGACIÓN
Riesgo estructural relacionado con el peso de las placas en el techo	Techos precarios.	Encuesta e informe de salud estructural realizado por la ciudad o incluido obligatoriamente en el ámbito del anuncio de contrato de la empresa que llevará a cabo el trabajo. Es necesaria una evaluación estructural previa para excluir del proceso de licitación las cubiertas (y, en consecuencia, las plantas fotovoltaicas) que ciertamente no soportan la carga adicional de módulos fotovoltaicos. Además, el análisis previo puede proporcionar la base para el análisis estructural definitivo, responsabilidad de la empresa instaladora.
Riesgo de incendio	Falla eléctrica	Exigir cumplimiento del RETIE y NTC 2050. Establecer protocolos de emergencia con capacitaciones respectivas y equipo de atención de emergencias requerido para incendios eléctricos. Instalación de protecciones y equipos eléctricos de seguridad
Mala calidad de los componentes del sistema	Componentes adquiridos sin sellos de calidad, garantía o sellos de fábrica	Asegurarse que en la oferta se añadan las hojas técnicas de los equipos y se aclare la marca y equipo específico a ser adquirido. Verificar estándares de calidad y asegurarse que los equipos ofrecidos sean los equipos instalados.
	Fraude del contratista	
	Falta de verificación previa de calidad de los equipos ofrecidos	
Dificultad en el mantenimiento	Dificultad para acceder a los componentes del sistema de generación de energía fotovoltaica.	Exigir dentro de la propuesta las soluciones de mantenimiento, de tal manera que queden claros los mecanismos o sistemas o que quedarán disponibles para personal autorizado cuando llegue el momento de realizar los mantenimientos y ejecutar posibles reparaciones de la planta solar fotovoltaica.
	Falta de un plan de mantenimiento	
Fallos del sistema	Fallas en la instalación	Planear e implementar un protocolo de inspección y supervisión que permita la detección de alertas tempranas.
	Fallos en el equipo	

	RIESGO	CAUSAS POSIBLES	POSIBLE MITIGACIÓN
CATEGORÍA CONTRATACIÓN	Bajo nivel de experticia técnica	Falta de prueba de la capacidad técnica del equipo ejecutor.	Garantizar un alto nivel de competitividad en la licitación y una estructura de contratación eficiente.
	Utilizar un modelo de licitación que evalúe apenas financieramente no permita el uso de criterios técnicos para evaluar y seleccionar al ganador	Evaluación de propuestas sólo por precio.	Agregar a la licitación criterios estrictos de calificación técnica para las empresas, basados en experiencia, prueba de conocimientos específicos en EE o FV, y logros en proyectos anteriores. Insertar en el contrato celebración de multas por incumplimiento de ciertos requisitos de calidad.
CATEGORÍA FINANCIERA	El proyecto se traduce en una generación de energía o en un ahorro, menor de lo esperado	Sobreestimación de posibles ahorros y beneficios del proyecto	Calcular generación / ahorros esperados con rigor técnico. Incluir cláusulas en el contrato de generación mínima esperada.
	El proyecto se hace inviable o su ejecución se ve limitada debido al financiamiento	Baja capacidad de endeudamiento de los municipios. No hay compromiso del municipio más allá del capital semilla	Realizar un análisis previo sobre la capacidad del municipio de financiar las medidas de EE o el proyecto FV si se requiere más que el capital semilla.

Tabla 11. Riesgos asociados al proyecto

Fuente: Equipo consultor, 2020.

Hay otros riesgos asociados al proyecto que deben ser tenidos en cuenta pero están asociados al contratista, tales como lo son: accidentes de tránsito, accidentes eléctricos durante la instalación, accidentes de altura, lesiones por levantamiento de equipo pesado, lesiones por falta de EPP, falta de disposición correcta de materiales de construcción y escombros, entre otros que el contratante debe asegurar no serán de su responsabilidad legal si tales llegaran a ocurrir. Con el ánimo de adelantar la una evaluación de riesgo basados en probabilidad e impacto, en el Anexo 4 se encuentra una matriz de calificación para realizar un primer ejercicio de evaluación de riesgos.

3.5 SEGUIMIENTO Y MONITOREO

De un correcto Seguimiento y Monitoreo (S&M) depende la sostenibilidad del sistema a lo largo de los años. El S&M permiten medir el éxito de las medidas de EE y el proyecto FV y es la herramienta que da pie para poder observar el desarrollo de las acciones implementadas y tomar acciones correctivas, de mejora o nuevas acciones que permitan al sistema seguir evolucionando y entregando mejores resultados en el tiempo.

Para las medidas de EE, el recibo de la luz es una primera evidencia que debe ser tenida en cuenta y la implementación de medidas puede verse reflejada en ese indicador básico de energía consumida. Para el sistema fotovoltaico también hay un indicador básico que es la producción FV que puede ser monitoreada con el sistema de medición del sistema que idealmente almacena los datos en la nube y permite que estos sean recuperados y revisados en cualquier momento desde posiciones remotas. A continuación, se presenta una tabla de posibles indicadores para Seguimiento y Monitoreo:

INDICADOR	UNIDADES	CÓMO CALCULARLO	OBJETIVO
Variación en consumo	kWh/periodo	$(\text{Consumo periodo anterior} - \text{Consumo periodo actual}) / \text{periodo}$	Presentar la variación en la demanda energética de las instalaciones.
Porcentaje de variación en consumo energético	%	$(\text{Consumo periodo anterior} - \text{Consumo periodo actual}) / \text{Consumo periodo anterior} * 100$	Entender en porcentajes la variación en el consumo energético
Consumo por número de usuarios	kWh/funcionario	Consumo de energía en determinado periodo / número de funcionarios	Tener una aproximación de cuánta energía corresponde a cada funcionario.
Generación FV	kWh/mes	kWh generados mensualmente	Entender la generación fotovoltaica y el potencial real de un sistema en la zona versus cálculos técnicos.
Porcentaje de demanda energética atendida por el sistema FV	%	$\text{Demanda energética} / \text{generación FV} * 100$	Saber cuánta demanda se está cubriendo con el sistema FV.
Ganancias climáticas	TonCO2/año	Multiplicación del ahorro generado en MWh, por el factor de emisión (0,381 CO ₂ /MWh).	Presentar las ganancias climáticas del proyecto.

Tabla 12. Indicadores sugeridos de S&M

Fuente: Equipo consultor, 2020.

MODELOS DE FINANCIAMIENTO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PROYECTOS DE FUENTES RENOVABLES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COLOMBIA

4.1 METODOLOGÍA GENERAL PARA LA SELECCIÓN DE MODELOS DE FINANCIACIÓN



Ilustración 18. Pasos en la metodología propuesta

Fuente: Equipo consultor, 2020.

Uno de los principales retos de lograr establecer mecanismos de financiación que de manera sistemática viabilicen proyectos asociados a fuentes renovables de energía y eficiencia energética, en Colombia, es lograr alinear los intereses de los agentes de cambio que esperan desarrollar los proyectos y los dueños de los recursos financieros. Esto sucede en razón a que típicamente los intereses de los mecanismos tradicionales de fondeo tienen como driver principal la generación de valor económico de las entidades mientras que los proyectos asociados a cambio climático principalmente tienen objetivos

que se relacionan más con la creación de valor social. Como resultado de esta divergencia de intereses, los principales dinamizadores eran los gobiernos, cuyos intereses están más alineados con la mejora de las condiciones de los ciudadanos.

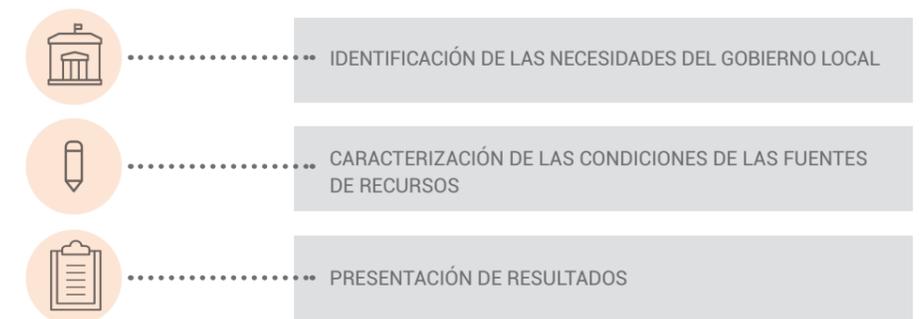
Sin embargo, los recursos de los gobiernos son limitados, sus necesidades de muy diversa índole y a pesar de la mayor conciencia sobre la importancia de seguir creciendo en las acciones de mitigación de emisiones de GEI, es innegable

que, lo que determinará el alcance de las acciones es la capacidad de vincular fuentes de recursos privados en las iniciativas. La buena nueva es que, con el paso de los años se ha presentado una significativa disminución de los costos de los elementos asociados a este tipo de proyectos (paneles de generación fotovoltaica, baterías, bombillas led, etc.) el sector privado ha identificado, y viene desarrollando novedosos modelos de negocio que facilitan el desarrollo de este tipo de proyectos en condiciones que no necesariamente implican préstamo de recursos monetarios, por el contrario, se basan en diferentes formas de interacción o asociación. Como será explicado más adelante, las empresas de servicio de energía (ESCO por sus iniciales en inglés - Energy Service Companies) han desarrollado otros tipos de negocio que le permitirían a los gobiernos locales lograr sus objetivos de cambio climático mientras podrían obtener servicios de valor agregado (respecto a las contrapartes puramente financieras) que podrían facilitar la gestión de los proyectos en sus etapas de diseño, construcción, operación y mantenimiento (los dos últimos para los casos de proyectos de autogeneración).

Es por esto por lo que, a continuación, presentamos una metodología que permita identificar las mejores alternativas de fondeo o financiación con las que cuenta un proyecto de autogeneración a partir de FNCR o eficiencia energética, el cual resulta de integrar las expectativas y condiciones particulares de cada gobierno local, con los términos para el acceso a las diferentes alternativas de financiación descritas en el aparte IV del presente capítulo (Mapeo de las diferentes fuentes de recursos).

En este punto es necesario mencionar que la metodología no establece un modelo determinístico que designa una única fuente de fondos como la adecuada. Por el contrario, se trata de un esquema que permita priorizar a partir de las condiciones particulares del proyecto y los requerimientos específicos de cada fuente de recursos.

La metodología de selección, entonces, está conformada por tres bloques:



Condiciones del Gobierno Local

La metodología parte de la caracterización de la situación de cada gobierno local. Para esto se identifican tres dimensiones

a. Restricciones (Cualitativa):

se refiere a todas esas situaciones y/o condiciones asociadas específicamente con Gobierno Local inhiben una relación con un tipo de proveedor de recursos, con uno

en particular o que imponen alguna forma específica de actuación en algún caso. Se proponen las mostradas en la siguiente imagen:



Tabla 13. Ejemplos de restricciones

Fuente: Equipo consultor, 2020.

b. Burocracia (Cualitativa):

Se refiere al conjunto de actividades y trámites que hay que seguir para resolver un asunto de carácter administrativo. En este caso particular deben señalarse los que son necesarias para acceder a cada una de las fuentes de recursos; por ejemplo, solicitar un cupo de endeudamiento para solicitar un crédito. Se proponen las siguientes categorías:

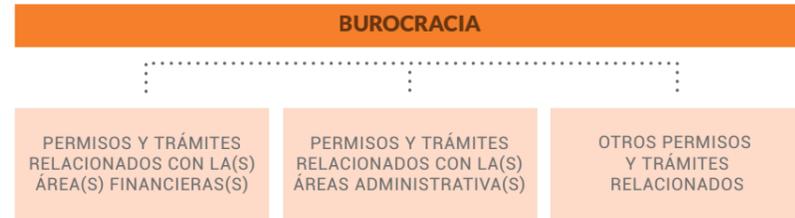


Tabla 14. Ejemplos de burocracia

Fuente: Equipo consultor, 2020

c. Valoración de las condiciones de acceso los recursos (Cuantitativa):

Esta dimensión permite evaluar las preferencias que tiene el gobierno local sobre los principales elementos que caracterizan las fuentes de financiación, así como la relevancia de cada una. Para esto se debe realizar dos tipos de procedimientos: i) ordenar desde el factor más importante al menos importante 1,2...n; igualmente se debe calificar, en una escala de 1 a 5, en donde 5 es "totalmente relevante", 3 es "indiferente" y 1 es "nada relevante" cada factor.

VALORACIÓN DE LAS CONDICIONES ACCESO A RECURSOS (CUANTITATIVA)						
	PROPIEDAD DE LOS ACTIVOS	PLAZO DE PAGOS	PAGO (flujo de caja anual de todas los gastos)	REQUIERE INVERSION INICIAL	COSTO DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO	COSTO FINANCIERO (intereses)
PRIORIDAD						
VALORACIÓN (1-5)						

Tabla 15. Condiciones acceso a recursos

Fuente: Equipo consultor, 2020.



Propiedad de los activos

Como se verá en el capítulo posterior, algunas de las alternativas con las que cuentan los gobiernos locales consideran diferentes alternativas de contratación que van desde un contrato de mutuo financiero, hasta contratos tipo EPC³ o BOMT⁴, pasando por contratos de arrendamiento financiero (leasing). Cada tipo de contrato tiene implicaciones sobre la propiedad de los activos.



Plazo de Pago

Se refiere a la preferencia y capacidad de tener obligaciones de corto, mediano o largo plazo.



Pago (Flujo de Caja)

Este es un valor asociado al pago periódico (por todo concepto) que se debe realizar para poder contar con el proyecto.

3. Ingeniería, Compras y Construcción – Por sus siglas en inglés
 4. Construir, Operar, Mantener y Transferir – Por sus siglas en inglés



Requiere inversión inicial

Este valor refleja la necesidad de que el Gobierno local cuente con recursos propios, o no, para poder desarrollar el proyecto.



Costo de Operación y Mantenimiento

Considerando que cada tipo de mecanismo de financiación genera diferentes obligaciones alrededor de la operación y mantenimiento de la solución implementada, en algunos casos, existe que este rubro sea asumido como parte de la operación del Gobierno local, con las implicaciones presupuestales que esto trae, o que sea asumido por un tercero.



Costo Financiero

Se refiere específicamente al monto de intereses pagados y aplica, exclusivamente, a los mecanismos que incluyen alguna forma de préstamo de recursos financieros.

Caracterización de las condiciones específicas de las fuentes de recursos

Continuando con la metodología, es necesario evaluar las condiciones típicas de cada mecanismo de financiamiento con el objetivo de identificar aquellos que lograr una mejor armonización con las necesidades, intereses y restricciones de los gobiernos locales.

De igual manera que en el caso anterior, las alternativas se dividen en dos grupos como se observa en la siguiente tabla.

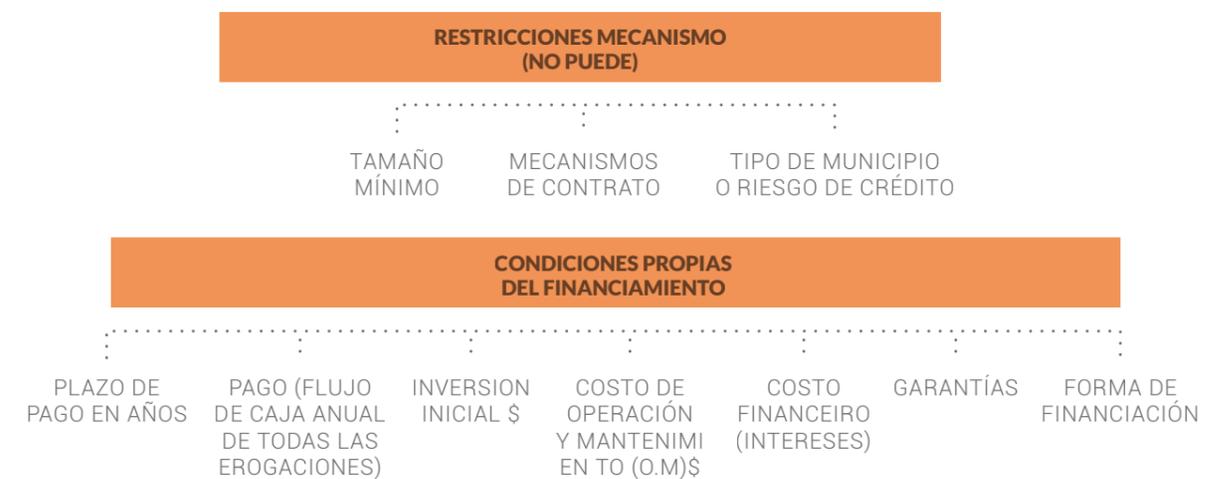


Tabla 16. Condiciones de las fuentes de recursos

Fuente: Equipo consultor, 2020.

a. Restricción:

En este caso las restricciones se refieren a aquellas que podrían impedir al financiador el entregar recursos a los gobiernos locales. Se han identificado al menos tres de la siguiente forma:

**Tamaño mínimo**

Muchos de los proveedores de recursos tienen condiciones muy específicas respecto de quienes serían adjudicatarios de los recursos. En la mayoría de los casos esta restricción obedece a los costos de estructuración de la operación, que tiene como impacto que algunos proyectos, cuando son muy pequeños, no sean del interés del financiador. Esto debe evaluarse desde la perspectiva individual de cada fuente de recursos ya que estos varían de uno a otro. Es importante anotar que también podrían existir condiciones de tamaño máximo o participación porcentual máxima (en los casos de grandes proyectos), sin embargo, para el caso que nos ocupa, esto no es pertinente.

**Mecanismos de contrato**

Como fue mencionado anteriormente, cada tipo de financiador tiene una forma típica en la que interactúa con sus "clientes", muchas veces por restricciones de orden normativo, por ejemplo, los bancos en ningún caso podrán participar en el capital de estos proyectos y por esto solamente está disponible alguna forma de operación crediticia.

**Riesgo de Crédito o Tipo de Municipio:**

Este tipo de situaciones deberá ser evaluada caso a caso, es decir, cada financiador de manera independiente, más allá del tipo, ya que estas restricciones obedecen a consideraciones de tipo comercial que cada cual impone.

b. Condiciones Propias del financiamiento

Esta parte cuantitativa deberá ser diligenciada considerando los valores que cada mecanismo y proveedor de recursos establece para el acceso a sus recursos. Se trata de establecer, mediante elementos cuantitativos

parámetros objetivos de comparación entre las diferentes alternativas ya que estas deberán permitir la selección de la mejor alternativa en términos de costo-beneficio.

Proceso de selección y presentación de resultados

El primer paso es estimar el monto que de acuerdo con el estudio técnico es necesario para desarrollar el proyecto, a este monto se le debe restar cualquier tipo de subvención, donación, capital semilla, etc. Con esto se puede establecer que cantidad es la que se debe financiar. La primera fuente de financiación que se debe abordar es la de recursos propios del Municipio, se debe indagar si cuenta con partidas aprobadas para el mismo. Estas partidas se restan al monto anterior, y da como resultado la cantidad a Financiar por terceros.

Una vez se define la cantidad de recursos que se deben conseguir en entidades diferentes al Municipio, el primer paso es excluir aquellas que, por sus propias restricciones, y por las restricciones del Municipio, no puedan trabajar conjuntamente. Con las entidades que quedan, se realiza un proceso de selección, de las que mejor se ajusten a las condiciones e interés de los municipios.

Una vez se ha realizado el proceso de selección, los resultados son presentados al Municipio para iniciar el proceso de acercamiento o "matchmaking" con las Entidades escogidas.

4.2 RECOPILOCIÓN DE INFORMACIÓN Y DATOS

4.2.1 ENTREVISTAS CON POTENCIALES FINANCIADORES

Para la elaboración del presente trabajo se realizó un barrido de las potenciales fuentes de financiamiento para el proyecto piloto y se realizaron investigaciones y / o entrevistas con representantes de algunas de estas Entidades.

4.2.2 DATOS RECOLECTADOS POR EL MUNICIPIO

Con el Municipio de Tópaga se ha venido trabajando de manera estrecha, a pesar de la pandemia, por medio de herramientas virtuales como las videoconferencias, llamadas, chats, etc.

Se han desarrollado espacios de trabajo muy productivos y que han servido como insumo adicional para el proceso de estudio y selección de las posibles fuentes de financiación que mejor se ajusten a las necesidades del Municipio.

4.3 CANVAS Y MODELO DE NEGOCIO

Flourishing Business CANVAS es una herramienta de modelización empresarial cuyo objetivo es construir un modelo de negocio sostenible ya que tiene en cuenta las dimensiones Financiera, Ambiental y Social.

Esta herramienta fue utilizada por el grupo de trabajo del Taller de Lanzamiento de LEDS Lab en Tópaga, en mayo de este año, con el objetivo de construir de manera colaborativa caminos para la estructuración e implementación efectiva del proyecto piloto, así como construcción conjunta de un modelo de negocio que permita el desarrollo de proyectos de acción climática financiados y replicables en Tópaga. Las discusiones promovidas durante el taller se

enfocaron en estructurar proyectos de acción climática en el sector energético.

La actividad se desarrolló de manera virtual en varias fases, la primera consistió en la explicación de la metodología y la descripción de los principales objetivos que busca alcanzar el Municipio, esta parte fue dirigida a todos los asistentes del seminario. En la segunda parte, se dividió la plenaria en cuatro grupos de trabajo:

1) Inventario Biofísico, Servicios, Actores y Necesidades del Ecosistema, 2) Valores Co-creados, Valores Co-destruídos y Metas., 3) Actores, Relación, Canales, Costos 4) Recursos, Actividades, Gobernanza. En la tercera y última fase se vuelven a unir los grupos para completar entre todos los asistentes el modelo de negocio para el Municipio.

El resultado del modelo de negocio consolidado se puede apreciar en el siguiente enlace:

Enlace CANVAS municipio de Tópaga

4.4 MAPEO DE LAS DIFERENTES FUENTES DE RECURSOS



Ilustración 19. Fuentes de recurso para financiamiento en Colombia
Fuente: Equipo consultor, 2020.

Fondos Propios del Municipio

Cada Municipio es autónomo en la creación y estructuración de sus proyectos y deben cumplir con sus reglamentos para hacerlo.

Bancos Comerciales

A raíz del acuerdo de París en el 2015 las naciones del mundo incluidas Colombia se han comprometido para combatir el cambio climático y acelerar e intensificar las acciones e inversiones necesarias para un futuro sostenible con bajas emisiones de carbono. En este contexto los Bancos Comerciales también se han venido adaptando e incluyendo dentro de sus portafolios líneas de financiación destinadas exclusivamente a la mitigación del cambio climático. Así mismo incorporaron indicadores y programaron metas de colocación de cartera en este tipo de proyectos.

Los Bancos Comerciales son organizaciones que tienen como función tomar recursos de personas, empresas u otro tipo de organizaciones y depositarlos en cuentas de ahorro, cuentas corrientes, certificados de depósito a término (CDT), etc. Los bancos captan recursos de quienes tienen dinero disponible y colocan recursos en manos de quienes necesitan dinero (Banco de la República de Colombia, 2020)

Capital

Los Bancos Comerciales por su naturaleza y por regulación son entidades cuyo instrumento de colocación de recursos por excelencia es la Deuda y no el Equity o la participación accionaria.

Deuda

Este es el mecanismo que por excelencia usan estas entidades para distribuir y colocar recursos en la economía.

Líneas con Recursos Propios de los Bancos

Existe una condición inicial que revisan los Bancos Comerciales antes de ejecutar cualquiera de las líneas que se verán en este apartado, y es la de una asignación de un cupo determinado a la persona natural o jurídica de acuerdo con unas condiciones de riesgo y a unas mediciones de solvencia que se realizan con el fin de estimar si dicha persona tiene la capacidad para pagar el préstamo que recibiría, y de ser así, hasta qué cantidad podría recibir.

Líneas Tradicionales

Se denominan líneas tradicionales aquellos préstamos que se realizan contra el cupo aprobado por el Banco y que no tienen un fin o propósito específico, es decir, en los que los deudores son libres en el destino de los recursos prestados.

Líneas Verdes

A diferencia de las líneas tradicionales, los recursos de las líneas verdes si tienen un destino específico, y es la de contribuir con la reducción de los Gases Efecto Invernadero (GEI) o ayudar a mitigar los efectos del cambio climático.

Debido a la actual coyuntura del COVID-19, actualmente se le está dando prioridad a todas las líneas tradicionales y específicamente aquellas que están ayudando a financiar la difícil situación económica producto de la pandemia. Debido a lo anterior las líneas de sostenibilidad o verdes se encuentran congeladas o se están usando, en plazos cortos, máximo de un año.

Existe una variedad de proyectos que hacen parte de las Líneas Verdes o de Sostenibilidad, y se pueden clasificar en los siguientes cinco grupos:

Energías Renovables: Las energías renovables son fuentes de energía limpias, inagotables y crecientemente competitivas. Se diferencian de los combustibles fósiles principalmente en su diversidad, abundancia y potencial de aprovechamiento en cualquier parte del planeta, pero sobre todo en que no producen gases de efecto invernadero –causantes del cambio climático– ni emisiones contaminantes. Además, sus costes evolucionan a la baja de forma sostenida, mientras que la tendencia general de costes de los combustibles fósiles es la opuesta, al margen de su volatilidad coyuntural (Acciona, 2018).

Eficiencia Energética: La eficiencia energética –que incluye el ahorro de energía a nivel residencial, industrial y municipal– reviste importancia crítica para alcanzar las metas nacionales relativas a la energía y el cambio climático que se han fijado países de todo el mundo. La eficiencia energética sigue siendo la opción de menor costo para cumplir los compromisos nacionales referidos al cambio climático. Por esta razón, la eficiencia energética se denomina a menudo “el primer combustible”, es decir, el recurso que se debe utilizar antes que cualquier otra alternativa energética (Banco Mundial, 2017).

La Producción Más Limpia (P.M.L.): la define la UNEP1 cómo la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva e integrada, aplicada a procesos, productos y servicios, con el fin de reducir los riesgos a la población y al medio ambiente, tomando como principio reducir al mínimo o eliminar los residuos y emisiones en la fuente y no tratarlos después de que se hayan generado (Secretaría Distrital de Ambiente, 2020).

Movilidad Sostenible: La Movilidad Sostenible se representa con la pirámide invertida de la movilidad que establece la prioridad en inversión y equidad en los medios de transporte que usamos a diario y además plantea que medios son más costoso de acuerdo a la relación pasajeros y kilómetros transportados (Área Metropolitana Valle de Aburrá, 2020).

Construcción Sostenible: Se entiende por construcción sostenible el conjunto de medidas pasivas y activas, en diseño y construcción de edificaciones, que permiten alcanzar los porcentajes mínimos de ahorro de agua y energía señalados en la resolución 0549 de 2015, encaminadas al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes y al ejercicio de actuaciones con responsabilidad ambiental y social (Ministerio de vivienda, 2020).

Líneas de Redescuento

En el caso de las líneas de redescuento, la aprobación y el préstamo de los recursos no se hace necesariamente contra un cupo aprobado, sino que, la línea ya establece unos requisitos que deben cumplir aquellos proyectos que quieran participar por la financiación. En el caso de las líneas verdes, los proyectos se evalúan con una metodología de Project Finance, generalmente la evaluación la realiza un equipo multidisciplinario del Banco conformado para tal fin.

Las líneas de redescuento no son exclusivas de un Banco Comercial, generalmente son varios Bancos que compiten entre sí por los recursos. Estas líneas inicialmente son aprobadas por unos montos predeterminados y dichos montos se van agotando en la medida que los proyectos se van aprobando.

Emisión de Bonos Verdes o de Reducción Voluntaria

Uno de los mecanismos que están usando los Bancos para buscar recursos con condiciones más blandas o favorables y que complementa a las líneas de redescuento, es la emisión de Bonos Verdes, que son títulos valores de renta fija. Una de las formas de hacer la emisión es empaquetar proyectos que cumplen con ciertas condiciones previas de aprobación por parte de la entidad financiera, se hace la medición en términos de impacto positivo en la disminución de emisiones de carbón, se constituyen y emiten los bonos respaldados por estas carteras. Posteriormente se certifica, se llevan al mercado externo generalmente compuesto por la Banca Multilateral que los adquiere, otorgándole así a los Bancos recursos con unas condiciones muy favorables, recursos que a su vez permiten financiar las líneas Verdes o Sostenibles. Cabe resaltar que, en algunos casos, la emisión de los bonos se puede hacer con antelación a los proyectos.

Plazos

Los plazos varían de acuerdo con cada proyecto, pero debido a la característica de Largo Plazo de los proyectos de infraestructura pueden durar entre 15 a 25 años.

Garantías Exigidas

Dependiendo el mecanismo por medio del cual se buscan los recursos ante el Banco, así mismo pueden cambiar las garantías exigidas, en el caso de buscar los recursos por medio de líneas tradicionales o de leasing, el estudio que permite garantizar la capacidad de pago del prestatario se va a ver reflejado en el cupo que el banco le va a otorgar a este. Por el contrario, en el caso de líneas verdes, sostenibles o de redescuento, estas ya traen unos requisitos previos para los proyectos que se quieran presentar. Así mismo a los proyectos que cumplan estos parámetros posteriormente se les hace un completo estudio en campos como, el Jurídico o Regulatorio, el Técnico, el Financiero y el de Impuestos, entre otros. A partir de los resultados de estos estudios y de las condiciones propias de las líneas y los proyectos, las garantías exigidas cambian.

Permisos y Trámites requeridos

Por parte del Fondeador

Como es la Entidad que financia u otorga los recursos, generalmente es la que impone los trámites y requisitos que se deben cumplir. Es importante resaltar, que la mayoría de los Bancos Comerciales cuentan con especialistas en el Sector Público, o en Entidades Territoriales, Sector Gobierno, etc. Dichas áreas se especializan en estos sectores y cuentan con la suficiente experiencia y conocimiento para asesorar e indicar los permisos y trámites específicos que debe cumplir un ente territorial en la consecución de este tipo de financiación.

Por parte de la Alcaldía

Dependiendo de la forma como la Alcaldía acceda a los recursos, así también cambian algunos de los permisos y trámites necesarios para adquirir los recursos. En el caso de las líneas tradicionales o de leasing, estos recursos se prestan contra el cupo previamente aprobado para la entidad. En el caso de los proyectos, estos deben estar incluidos en alguna de las áreas aprobadas para el Plan de Desarrollo Territorial (POT), surtir con todos los requisitos y condiciones solicitados en las líneas verdes o de redescuento y una vez aprobados, cumplir con los procedimientos de contratación para la etapa de ejecución y operación.

Costo Financiero

Dependiendo de la forma en cómo se acceda a los recursos así mismo puede variar su costo. Las líneas tradicionales o duras generalmente son más costosas que las blandas, es decir, si en el caso de un préstamo tradicional el préstamo se hace a un DTF+5, en una línea blanda este mismo préstamo se puede hacer a un DTF+4, es decir, 100pb por debajo un 1% más favorable. También es importante anotar que algunas líneas de redescuento adicionalmente pueden otorgar periodos de gracia entre 3 a 5 años, o la condonación total de los recursos si se cumplen con ciertos parámetros y condiciones de reducción en las emisiones logradas con los proyectos ya ejecutados.

Tamaño o mínimo de los Recursos

No tienen un monto mínimo, se pueden financiar todo tipo de tamaños de proyectos.



ESCOS (Empresas de Servicio de Energía)

“ESCOS (Empresa de Servicios de Energía) están Empresas de Ingenierías, especializadas en Servicios de Conservación de Energía, o más bien, para promover la eficiencia energética y el consumo de agua en las instalaciones de sus clientes.

Pasos de los servicios ofrecidos por una ESCO

- Evaluación Energética

Un análisis completo se realiza usando un Pre-Diagnóstico – PD.
Un análisis detallado se realiza en un Diagnóstico Energético – DE.

El pre-diagnóstico presentará cuanto una unidad del cliente gasta de energía en un período determinado (normalmente 12 meses), dónde y cómo esta energía se gasta y cómo es posible reducir el consumo y el coste de la energía. Se presentan las cifras financieras de inversión y el ahorro de proyecto.

Al no ser las mediciones realizadas de magnitudes eléctricas o precios precisos, los números tienen margen de error de 20 a 30%.

Con el trabajo listo se tiene una visión global de la situación energética de la unidad del cliente y qué acciones se pueden realizar. El siguiente paso es junto, ESCO y el cliente se definen qué sistemas son de más interés y atractivo de estudiar en detalle con miras a la ejecución del proyecto de eficiencia energética (EE).

Definiciones hechas, que avanza a la etapa de diagnóstico energético donde será detallado sistemas y acciones. La DE no es un proyecto ejecutivo, se trata de un diseño básico, pero se detalle, cómo, dónde, de qué forma, quién, cuándo se realiza la implantación. Todo esto desde un punto de vista técnico.

Desde un punto de vista financiero, el DE presentará con precisión la inversión que se aportarán para la ejecución de proyectos de EE, con detalles para el sistema / oportunidades y los ahorros de cada proyecto. Con este tiene una visión clara de la relación costo-beneficio de cada oportunidad específica y también el proyecto en su conjunto.

Lo que encontramos en una evaluación de la energía:

- Identificar oportunidades para: reducir los costos de energía (electricidad, gas y combustible renovable y agua) en sus diversas formas de uso;
- Evaluar la fiabilidad del suministro y la posibilidad de la sustitución parcial o total del aporte de energético en el consumo.
- Valoración de atractivos y oportunidades económicas, incluyendo proceso mediante sugerencias de cambios en proceso y / o equipo que sea viable;
- Asesoramiento en la contratación de financiamientos;
- Implantación de las oportunidades identificadas;
- Puesta en marcha implementaciones, incluyendo el Plan de Medida y Verificación (M & V) para confirmar el save." (ABESCO, 2020)

Capital

Las ESCOS pueden participar de manera directa en proyectos de infraestructura mediante la asociación o Participación Público Privada (PPP).

Deuda

Las ESCOS pueden entrar a financiar los proyectos, y mediante una estructura de pago por ahorro, cobrarse el préstamo con un porcentaje de la facturación mensual que pague el beneficiario del proyecto. Existen dos figuras de financiamiento: la primera es la de PPA (power purchase agreement) y la segunda es EPC (engineering, procurement and construction)

Plazos

Los plazos varían de acuerdo con cada proyecto, pero debido a la característica de Largo Plazo de los proyectos de infraestructura pueden durar 15 años.

Garantías Exigidas

Cuando el Fondo invierte en la modalidad de participación, la garantía generalmente es el proyecto y sus activos, así como el medio de pago son los flujos de efectivo que se generen a futuro.

Cuando el Fondo de Inversión Fondea directamente con deuda busca garantizarla con mecanismos de pago que queden a su nombre y que pueda ejecutar en caso de que el Deudor no honre los compromisos. Así mismo se pueden realizar covenants para pignorar activos del deudor a nombre del Fondo. Todos estos mecanismos de garantía son relativamente fáciles de hacerse entre Privados. Pero muy difíciles de constituirse con Públicos. En este sentido es muy poco probable que estos Fondos inviertan en proyectos municipales.

Permisos y Trámites requeridos

Por parte del Fondeador

Debe surtir todos los requisitos que se dispongan en el proceso de licitación y ser elegido, para poder participar en el proyecto.

Por parte de la Alcaldía

Debe incluirlo en su POT directamente, o el proyecto debe estar amparado en una línea base aprobada en este. Así mismo debe cumplir con toda legislación y regulación vigente para fijar los términos de referencia, llevar a cabo el proceso de licitación y el proceso de contratación de la obra.

Costo Financiero

Generalmente los Fondos de Capital Privado, dependiendo de los proyectos buscan rentabilidades entre un 10% - 15% para EEUU (Incluido el costo del Bróker).

Tamaño mínimo de los Recursos

Aunque esto puede variar, buscan proyectos con un monto mínimo de US\$ 60.000.



Fondos de Capital Privado

Los Fondos de Capital Privado son fondos de inversión colectiva cerrados que deben destinar como mínimo las dos terceras partes de los aportes de sus inversionistas a la adquisición de activos o derechos de contenido económico diferentes a valores inscritos en el Registro Nacional de Valores y Emisores (RNVE).

Un Fondo de Inversión Colectiva es todo mecanismo o vehículo de captación o administración de sumas de dinero u otros activos que se integra con el aporte de varias personas. Una vez el Fondo de Inversión Colectiva entre en operación, los recursos serán gestionados de manera colectiva para obtener resultados económicos conjuntos. Se entiende que es cerrada pues la redención de las participaciones de los inversionistas solamente se puede realizar una vez haya finalizado el plazo establecido (v. gr. diez años) a diferencia de los Fondos de Inversión Colectiva Abiertos, en los cuales la redención de las participaciones puede realizarse en cualquier momento (PROCOLOMBIA, 2020).

Capital

Los Fondos de Capital Privado pueden participar de manera directa en proyectos de infraestructura mediante la asociación o Participación Público Privada (PPP). Si la estrategia del Fondo se concentra en rentabilidad tendrá una mayor tendencia a buscar proyectos Greenfield, es decir, proyectos en etapa de diseño, construcción o despliegue. Pero, si quiere tener ingresos estables buscará proyectos maduros o Brownfield, que se encuentran en operación, en este segundo escenario puede comprar acciones de Empresas o Compañías que operen dichos proyectos.

Deuda

Los Fondos de Capital Privado también pueden prestar recursos bajo ciertas condiciones financieras a proyectos de infraestructura sin tener algún tipo de participación o propiedad sobre la misma. O invertir en instrumentos de deuda como Bonos Verdes, Bonos Sociales, Bonos Ordinarios, etc. En los cuales el propósito de la emisión es recaudar recursos para proyectos de infraestructura.

Plazos

Los plazos varían de acuerdo con cada proyecto, pero debido a la característica de Largo Plazo de los proyectos de infraestructura, estos Fondos tienen una duración que va de 10 y 30 años y que se pueden prorrogar entre 5 a 10 años más.

Garantías Exigidas

Cuando el Fondo invierte en la modalidad de participación, la garantía generalmente es el proyecto y sus activos, así como el medio de pago son los flujos de efectivo que se generen a futuro.

Cuando el Fondo de Inversión Fondea directamente con deuda busca garantizarla con mecanismos de pago que queden a su nombre y que pueda ejecutar en caso de que el Deudor no honre los compromisos. Así mismo se pueden realizar covenants para pignorar activos del deudor a nombre del Fondo. Todos estos mecanismos de garantía son relativamente fáciles de hacerse entre Privados. Pero muy difíciles de constituirse con Públicos. En este sentido es muy poco probable que estos Fondos inviertan en proyectos municipales.

Permisos y Trámites requeridos

Por parte del Fondeador

Debe surtir todos los requisitos que se dispongan en el proceso de licitación y ser elegido, para poder participar en el proyecto.

Por parte de la Alcaldía

Debe incluirlo en su POT directamente, o el proyecto debe estar amparado en una línea base aprobada en este. Así mismo debe cumplir con toda legislación y regulación vigente para fijar los términos de referencia, llevar a cabo el proceso de licitación y el proceso de contratación de la obra.

Costo Financiero

Generalmente los Fondos de Capital Privado, dependiendo de los proyectos buscan rentabilidades entre un 10% - 15% para EEUU (Incluido el costo del Broker).

Tamaño mínimo de los Recursos

Aunque esto puede variar, buscan proyectos con un monto mínimo de US\$ 500.000.



Bancos de Fomento

Son la Banca de Desarrollo que ofrece soluciones integrales para construir territorios sostenibles a través de la planeación, estructuración, financiación y asistencia técnica de proyectos de infraestructura, que mejoran la calidad de vida de los colombianos (Findeter, 2018).

Capital

Estas entidades no participan directamente en la compra de derechos de propiedad de los proyectos, generalmente irrigan los recursos en efecto de cascada por medio de deuda.

Deuda

Estos Fondos Generalmente funcionan con créditos de redescuento para la financiación de hasta el 100% de los proyectos. Así mismo, las operaciones de crédito las realizan a través del sistema de redescuento por intermedio de establecimientos de crédito o por entidades debidamente autorizadas por ley.

Actualmente también existe la modalidad de crédito directo especialmente en Findeter Conforme a lo establecido por el Gobierno Nacional, en los decretos No. 468 del 23 de marzo de 2020 y 581 del 15 de abril de 2020, Findeter está autorizado a otorgar créditos de manera directa a beneficiarios para financiar proyectos de inversión, capital de trabajo o liquidez en los sectores y subsectores financiados así: transporte, salud, desarrollo urbano y vivienda, educación, energético, deporte y recreación, medio ambiente, telecomunicaciones, agua potable y saneamiento básico, saneamiento fiscal, turismo, Industrias creativa, cultural y economía naranja.

Plazos

En el caso de FINDETER el plazo es de 15 años, hasta con 3 años de gracias con la posibilidad de desembolsos parciales denominados en pesos o en dólares.

Garantías Exigidas

En el caso del Redescuento la que aplique para cada línea y de acuerdo con el proyecto.

Permisos y Trámites requeridos

Por parte del Financiador
No debe cumplir con requisitos.

Por parte de la Alcaldía
Debe incluirlo en su POT directamente, o el proyecto debe estar amparado en una línea base aprobada en este. Así mismo debe cumplir con toda legislación y regulación vigente para fijar los términos de referencia, llevar a cabo el proceso de licitación y el proceso de contratación de la obra.

Costo Financiero

Tasa de redescuento Anual: podrá ser expresada tasa fija y variable con base en: DTF, IPC, Libor, prime rate y el Spread será establecido por el Comité Ejecutivo.

Tamaño mínimo de los Recursos

De acuerdo con el Proyecto que se presente ante la línea de redescuento y mientras esta se agote.



Bancos/Organizaciones Multilaterales

Incluimos el funcionamiento primero de las Entidades, su relacionamiento con sus países miembros y hacemos la descripción de cómo se desarrolla su actividad Respondemos la pregunta de ¿qué es una Entidad Multilateral al detalle?

Los recursos de crédito provenientes de la banca multilateral han sido de las principales fuentes de financiación para el crecimiento económico de los países menos desarrollados. En el caso de América latina sobresalten especialmente el Banco Mundial (BM), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Corporación Andina de Fomento (CAF). En general, con la financiación de estas entidades se ha fortalecido la infraestructura productiva, promoviendo el montaje de fuentes de energía renovables, la inversión en obras de infraestructura, la profundización del mercado de capitales, el desarrollo de programas de educación, las redes de protección social y el incentivo a la participación de la empresa privada. Adicionalmente, la banca multilateral ha desempeñado un papel estabilizador muy importante en el ciclo económico de la región, al compensar la desaceleración ocasional de los flujos de capital privados (Uribe Escobar, 2009).

Capital

Estas entidades no participan directamente en la compra de derechos de propiedad de los proyectos, generalmente irrigan los recursos en efecto de cascada por medio de deuda.

Deuda

Líneas de Créditos de Redescuento con condiciones financieras favorable, garantizado por los Estados, y generalmente canalizados por medio de Bancos de Fomento.

Plazos

Los plazos dependen de las líneas de crédito acordadas con cada País, pero generalmente son de largo plazo y van entre 15 y 25 años, algunas veces con periodos de desembolso y de gracia de 5 años.

Garantías Exigidas

Generalmente el garante para estas líneas de crédito es la República de Colombia. Y algunas veces se exige que los proyectos no puedan incluir recursos de otros multilaterales.

Depende de la forma en que participa un multilateral en un proyecto

Permisos y Trámites requeridos

Por parte del Fondeador
Debe surtir todo el proceso de creación y coordinación con el País garante y las Entidades Prestatarias del mismo, para cada una de las líneas de crédito.

Por parte de la Alcaldía
Más que la Alcaldía, como la entidad multilateral no tiene un contacto directo con el usuario final de los recursos, lo que hacen, es analizar la capacidad fiduciaria del banco de Fomento, por medio de un sistema de evaluación de la capacidad institucional.

Costo Financiero

Estos serán definidos específicamente para cada proyecto generalmente por el Banco de Fomento, pero por parte del Banco Multilateral se revisarán dichas condiciones en Comisiones como la de Crédito o la de Inspección y Vigilancia.

Tamaño mínimo de los Recursos

En este punto el Banco Multilateral con cada País definen un monto global para la línea, por ejemplo, US\$ 150.000.000, este monto global se ira agotando a medida que se aprueben proyectos y se realicen los desembolsos por parte de los Bancos de Segundo y Primer piso designados.



Leasing

El leasing es un mecanismo de financiación mediante el cual una entidad financiera, sea un establecimiento bancario o una compañía de financiamiento (comúnmente conocida como arrendador), por instrucción de un cliente solicitante (denominado arrendatario o locatario), adquiere un activo de capital, el cual está bajo propiedad de la entidad, y se lo entrega al locatario en arrendamiento financiero u operativo para su uso y goce por un periodo de tiempo a cambio de un pago periódico de una suma de dinero, denominado "canon".

Al finalizar la operación de leasing, el locatario tiene la potestad de: i) ejercer una "opción de adquisición" sobre el mismo bien a un precio pactado desde el inicio

—generalmente a su favor—, o ii) restituir o renovar la operación de arrendamiento (leasing). Este mecanismo es usado para financiar la adquisición (mediante leasing financiero) o facilitar el acceso, uso y goce (mediante leasing operativo) de activos fijos productivos (e.g. equipos, maquinaria, vehículos, inmuebles, entre otros) (Asobancaria, 2020).

Capital

Estas entidades no participan directamente en la compra de derechos de propiedad de los proyectos, generalmente irrigan los recursos por medio de deuda.

Deuda

El leasing es un instrumento financiero de deuda, que permite el uso y disfrute del bien financiado a cambio de un canon de arrendamiento que a su vez se convierte en una forma de pago del préstamo inicial. Para la financiación de proyectos que permiten la reducción de los Gases Efecto Invernadero (GEI) o ayudan a mitigar los efectos del cambio climático, este mecanismo se ha venido utilizando en gran medida por los Bancos, ya que en comparación con otro mecanismo como el PPA (Power Purchase Agreement), puede estar generando un ahorro superior a un 50% para los clientes.

Plazos

Los plazos generalmente para la figura del leasing dependen del bien a adquirir, por ejemplo, si el bien a adquirir es un vehículo, el plazo puede estar entre 3-5 años. Mientras que para proyectos de energías renovables puede estar entre unos 15-25 años.

Garantías Exigidas

Para el leasing, la principal garantía es el mismo bien u objeto del préstamo, aunque se pueden pedir garantías extras, pero eso dependerá de cada entidad financiera y de sus políticas de riesgo y crediticias. En algunos casos se aplicarán sanciones en caso de que los deudores no cumplan con sus obligaciones.

Permisos y Trámites requeridos

Por parte del Fondeador

Como es la Entidad que financia u otorga los recursos, generalmente es la que impone los tramites y requisitos que se deben cumplir.

Por parte de la Alcaldía

Los préstamos de leasing se prestan contra el cupo previamente aprobado para el Municipio. Así mismos los proyectos deben estar incluidos en alguna de las áreas aprobadas para el Plan de Desarrollo Territorial (POT), surtir con todos los requisitos y condiciones solicitados en el leasing, y una vez aprobados, cumplir con los procedimientos de contratación para la etapa de ejecución y operación.

Costo Financiero

Varían de acuerdo con el préstamo, aunque puede llegar hasta un 29% EA en tasa fija. Adicionalmente tienen un efecto positivo y es que el canon de arrendamiento pagado se puede deducir del impuesto de renta.

Tamaño mínimo de los Recursos

No tienen un monto mínimo, se pueden financiar todo tipo de tamaño de proyectos.

A continuación, se presenta un resumen de todas las fuentes de financiación identificadas:

CATEGORÍA	GARANTÍAS EXIGIDAS	TIPO DE FINANCIACIÓN	PROCEDIMIENTO	PLAZO	MONTO MÍNIMO DE LOS PROYECTOS A FINANCIAR
ESCOS	Buscan garantizar los fondos desembolsados con alguna fuente de ingresos del Municipio.	Deuda o Equity	El procedimiento varía en cada caso (Project Finance)	Plazo de 15 - 25 años	US\$ 60.000
Fondos Propios	Sin Garantía	Equity	De acuerdo con los reglamentos internos de cada Municipio.	El plazo que dure el proyecto	No tienen monto mínimo
Bancos Comerciales	Buscan garantías en activos o fuentes de ingresos que cubran los recursos desembolsados.	Deuda	Los establecidos para cada línea	24 - 60 meses	No tienen monto mínimo
Fondos de Capital Privado	Buscan garantizar los fondos desembolsados con alguna fuente de ingresos del Municipio.	Deuda o Equity	El procedimiento varía en cada caso (Project Finance)	10 - 30 años pueden prorrogar entre 5 a 10	US\$ 500.000
Bancos de Fomento	Cada una de las líneas de redescuento tiene sus propias garantías	Deuda	Los establecidos para cada línea	15 años con posibilidad de 3 años de garantía	No tienen monto mínimo
Multilaterales	Las líneas son Garantizadas por los Estados o los Países.	Deuda	Los establecidos para cada línea	Plazo de 15 - 25 años	No tienen monto mínimo
Leasing	Buscan garantías en activos o fuentes de ingresos que cubran los recursos desembolsados.	Deuda	Los establecidos para cada línea	24 - 60 meses	No tienen monto mínimo

Tabla 16. Condiciones de las fuentes de recursos

Fuente: Equipo consultor, 2020.

4.5 PROCESO DE SELECCIÓN DE LA FUENTES DE FINANCIAMIENTO MÁS CONVENIENTE PARA EL MUNICIPIO

El proceso de selección inicia con la identificación de las condiciones e intereses del Gobierno Local, las primeras se dividen en tres dimensiones: Restricciones (cualitativa), Burocracia o Trámites (cualitativa) y Externalidades o Incentivos Especiales (cualitativa). Para hacer esta caracterización previamente a los municipios se les envía el cuestionario como se muestra en la siguiente imagen:



Ilustración 20. Cuestionario caracterización financiera

Fuente: Equipo consultor, 2020.

Una vez se diligencia el cuestionario y se envía la información, el Municipio realiza la valoración de las condiciones de acceso a los recursos, es decir, se seleccionan las prioridades y hace una valoración de cada una de estas.

Después de la identificación de las condiciones e intereses del Municipio, se hace una caracterización de las diferentes fuentes de Recursos, en la que se describen las restricciones como por ejemplo no poder contratar con Entidades Públicas, mínimos montos para financiar proyectos, etc. Así como las condiciones propias de Financiamiento, como plazo, tasa, garantías exigidas, etc. Después se muestra el Mapeo, de las más importantes fuentes de financiamiento, en las que se encuentran: Fondos Propios, Bancos Comerciales, Fondos de Capital Privado, Leasing Sostenible, Bancos de Fomento, Multilaterales y ESCOS (Operadores de red).

Finalmente se hace el proceso de selección y la presentación de resultados, el proceso de selección parte de la intersección de la información previamente elaborada de las condiciones e intereses de los Municipios con la caracterización de las diferentes fuentes de Financiación. En el Municipio de Tópaga se parte de la posibilidad de usar recursos propios, la respuesta inicial es si, el Municipio cuenta con una partida aprobada por \$70.000.000. Después se procede a evaluar las ventajas de los ESCOS, sobre todo el operador de red público, en cuanto a las facilidades para contratar (acuerdo interadministrativo o licitación), la experiencia y conocimiento en desarrollar proyectos Foto Voltaicos (FV) y en la facilidad para otorgar permisos de conexión a las redes. Posteriormente, se analizan las opciones de Bancos comerciales y Leasing haciendo énfasis en que cuenten con líneas verdes o de redescuento y con experiencia y conocimiento en proyectos FV. Una vez se hace la evaluación de las diferentes fuentes de recursos, se incorpora el monto del capital semilla para determinar si es suficiente o no para realizar el proyecto.



Al finalizar el proceso de selección, se concluye que para el proyecto piloto del municipio de Tópaga el capital semilla es suficiente, pero en caso de no serlo, el remanente se cubriría con recursos del municipio hasta por \$70.000.000. Y si faltaran recursos, se debería acudir al ESCO operador de red público, después al resto de ESCOS. Y por último a los Bancos Comerciales en sus líneas verdes o de redescuento.

Una vez se diligencia el cuestionario y se envía la información, el Municipio realiza la valoración de las condiciones de acceso a los recursos, es decir, se seleccionan las prioridades y hace una valoración de cada una de estas.



5 |

RESÚMENES DE REUNIONES TÉCNICA Y FINANCIERA

En el marco del desarrollo del Producto 3 se hizo una convocatoria a través del equipo facilitador local para una mesa de presentación del producto. En esta reunión participaron además el equipo de ICLEI Colombia, el equipo asesor de LEDS Lab Colombia y puntos focales de otras ciudades de la Red ICLEI en Colombia (Vídeo de la reunión se encuentra en este [link](#)). La reunión constó de dos momentos principales: i) presentación del desarrollo técnico del proyecto y dimensionamiento del proyecto solar fotovoltaico, ii) presentación del ejercicio de financiamiento y discusión de insumos para el modelo de financiación. Ambos momentos contaron con la retroalimentación de los participantes a través de preguntas y respuestas virtuales, y de intervenciones con micrófono abierto en la mesa.

Parte fundamental de esta reunión fue reconocer el acompañamiento del equipo y la facilitación del proceso desde

la interacción con la administración y el punto focal. El reconocimiento a este liderazgo es además un mensaje muy relevante para los demás actores en el marco de la red de ciudades ICLEI en Colombia dado que marca un hito en involucramiento técnico del municipio en el proyecto.

Como parte de la reunión de trabajo se indicaron los insumos con los que va a contar el municipio al final del ejercicio. Esto son:

1. Diagnóstico de gestión eficiencia de la energía
2. Dimensionamiento detallado del sistema de autogeneración de energía FV
3. Calculadora de dimensionamiento del sistema de energía FV y de reducción de emisiones de GEI
4. Guía de financiamiento

Un ejemplo de los resultados que pueden ser obtenidos de la calculadora de energía FV y potencial de reducción de emisiones de GEI se mostró a todos los participantes en una diapositiva como se muestra en la siguiente ilustración.

DIMENSIÓN DEL SISTEMA FV
*Panel referencia: Jinko solar 320W Eagle 60M

GENERACIÓN DEL SISTEMA	STC	NOCT	GENERACIÓN DEL SISTEMA	STC	NOCT
Pmax (Wp)	320	239	Precio en factura COP/kWh	572	572
Cantidad paneles	16	16	% generado con respecto al consumo	109,1	81,5
Potencia del arreglo (DC) kW	5,12	3,8	Ahorro mensual COP	314.018,85	255.917,38
Horas de radiación solar	4	4	Generación degradación 5 años	6.847,03	5.113,87
Generación mensual kWh	599,04	447,4	Generación degradación 12 años	6.563,98	4.902,47
Generación anual kWh	7188,48	5368,9	Generación degradación 25 años	6.038,32	4.509,87
Consumo mensual estimado kWh	549,0	549,0			

*STC: condiciones clima óptimas, NOCT: condiciones pesimistas

Ilustración 21. Diapositiva sobre calculadora FV

Fuente: Equipo consultor, 2020.

AUMENTO DE CONSUMO POR EQUIPOS TECNOLÓGICOS

GENERACIÓN DEL SISTEMA	STC
Consumo promedio mensual factura (kWh)	389
Cantidad computadores portátiles	20
Consumo promedio pc portatil (W)	60
Cantidad routers internet	1
Consumo promedio router (W)	12
Uso diario de los pcs/router (horas)	6
Uso al mes de los equipos (días)	22
Consumo mes computadores (kWh)	158,4
Consumo mes router/internet (kWh)	1,6

VALORES DE CORTE CURVA DE GARANTIA DE DESEMPEÑO

GENERACIÓN DEL SISTEMA	STC
% inicio curva	97,5
% fin curva	84
Vida útil del panel	25
% Degradación total a lo largo de la vida útil	13,5
% Degradación por cada año	0,5625

Una vez presentadas las soluciones de EE y el sistema FV, se exponen los costos asociados a cada una de estas líneas de trabajo y sus ahorros económicos, así como la reducción en emisiones de gases de efecto invernadero que van a generar. Se hace énfasis en la mayor fuerza que van a tomar estas iniciativas una vez puedan ser replicadas en más proyectos. Se discute también la importancia

IRRADIACIÓN SOLAR

BRILLO SOLAR (HORAS)	MIN	MAX	BRILLO SOLAR (HORAS)	MIN	MAX
Enero	6	7	Agosto	4	5
Febrero	5	6	Septiembre	4	5
Marzo	4	5	Octubre	3	4
Abril	3	4	Noviembre	4	5
Mayo	3	4	Diciembre	6	7
Junio	4	5	Promedio anual	4,17	5,17
Julio	4	5	Promedio total	4,67	

ESTUDIO EMISIONES GEI

Factor marginal de emisión de gases (CO2/MWh)	0,381	
Factor Marginal SIN (tonCO2/kWh)	0,000381	
	STC	NOCT
Reducción de emisiones anual (tonCO2)	2,74	2,05
Reducción de emisiones vida útil (tonCO2)	68,47	51,14

de implementar un sistema de Seguimiento y Monitoreo, evaluar el desempeño de las medidas implementadas y tener claro que el sistema requiere actividades de mantenimiento y operación, además de empezar a tener en cuenta los riesgos asociados al proyecto para poder gestionarlos de la mejor manera desde el principio.

Finalmente, dentro de esta primera parte de la presentación, se aclaran los siguientes pasos dentro del proceso, a saber: La estructuración de los términos de referencia para contratación de diseño e instalación del sistema FV, una mesa de trabajo para la priorización de las medidas de EE y un alistamiento administrativo interno de la administración del municipio para empezar a involucrar las diferentes dependencias que tienen parte dentro del proceso de hacer el proyecto una realidad.

Con esto se da por terminada la primera parte correspondiente a lo técnico y antes de dar paso a la parte financiera, se pide a la audiencia una participación a través de la herramienta virtual Mentimeter, en la que previamente se han cargado unas preguntas para que los miembros de la audiencia respondan desde donde sea que se encuentren y se pueda entablar una discusión alrededor de las preguntas y sus respuestas visualizadas en tiempo real a través de la pantalla de la presentación. A continuación, se observan las respuestas obtenidas para la segunda pregunta:



Ilustración 22. Resultados de interacción en Mentimeter Fuente: Equipo consultor, Mentimeter, 2020.

Esta pregunta sirvió como plataforma de discusión para obtener impresiones importantes sobre los posibles destinos del restante seed money y poder escuchar las impresiones del rector que gustó bastante de la idea del Mini Laboratorio FV y rescató la importancia y disposición de parte del colegio de hacer una capacitación para estudiantes sobre temas FV. Sobre esta misma línea y respondiendo la pregunta, ¿Qué oportunidades de mejora encuentra dentro del proceso en general?, se sugirió de parte de los participantes lo siguiente:



Difusión y socialización con la comunidad. Hacer tangibles los beneficios y oportunidades a la gente, los niños del Colegio Vado Castro en este caso.



Involucrar a la academia en estos procesos es fundamental, no solo a la Institución Educativa donde se instalará el proyecto sino a universidad de la región.

Ilustración 23. Respuestas Mentimeter Fuente: Equipo consultor, Mentimeter, 2020

En esta interacción con la herramienta se hizo otra pregunta, ¿En qué etapas del proyecto FV cree usted que se asumen más riesgos? Luego de concluida la dinámica y la discusión de las respuestas con los participantes, invitando especialmente a los asistentes de las otras ciudades a pensar en las respuestas se procede con la parte financiera.

La reunión financiera inicia con una breve introducción, en la que se describen de manera general las etapas por las que va a pasar el proyecto, iniciando con la de desarrollo, en la que se realizarán entre otros los estudios de prefactibilidad, interconexión, se solicitarán los diferentes permisos y licencias, etc. En la segunda etapa o de construcción se hacen el diseño de detalle, la preparación para la construcción, la preparación del sitio, etc. Por último, en la tercera etapa o de operación, se deben tener en cuenta todas las actividades para operar y mantener la infraestructura construida.

Posteriormente se hace una pequeña exposición de las condiciones del mercado de oferta y demanda de recursos para los proyectos que buscan ayudar al medio ambiente en la reducción de emisiones.

Después de la introducción se hace una breve explicación de la Metodología general para la selección de modelos de Financiación vista previamente en este documento. Posteriormente se hace el proceso de selección de las fuentes de financiación más convenientes para el Municipio llegando a los resultados descritos en el capítulo anterior.

Al finalizar la reunión los funcionarios del municipio de Tópaga también manifestaron el valor de la metodología y su importancia no solamente para el Proyecto Piloto, sino para todos los proyectos que tiene pensado desarrollar el Municipio de mitigación de impacto ambiental a futuro.

DESAFÍOS Y OPORTUNIDADES

Los siguientes son los desafíos y oportunidades encontradas para el proyecto:

DESAFÍOS

El trabajar de manera virtual y remota debido a la pandemia del COVID-19 a significado un desafío importante en términos de coordinación, comunicación, alinear expectativas, etc.

Otro importante desafío ha sido el poder involucrar y consolidar equipos de trabajo al interior de los Municipios. Sobre todo, equipos de trabajo interdisciplinarios.

Para algunos de los diferentes proveedores de Recursos, es un desafío poder trabajar con Entidades Públicas, debido a aspectos de regulación, burocracia y confianza.

Un reto importante es entregarle al Municipio una herramienta que le permita entender de una manera explícita, ordenada y adaptativa cuáles son sus propias, restricciones, condiciones e intereses para desarrollar proyectos de mitigación de impacto en el medio ambiente.

Otro desafío es poder otorgarles a los municipios un instrumento metodológico que les permita entender y evaluar a los diferentes financiadores desde una perspectiva más amplia e integral, y no solamente las condiciones financieras que puedan ofrecer.

Hacer una apropiada gestión de los riesgos mencionados en el numeral 3.4. La mayoría se pueden mitigar garantizando un exhaustivo proceso de planeación del sistema.

La estimación del presupuesto para evitar falta de fondos para completar el proyecto o un exceso presupuestal que haga más costoso el proyecto de lo necesario.

DESAFÍOS

La correcta selección de los equipos depende de la dimensión estimada del sistema, donde las variables eléctricas (nivel de voltaje, corriente y potencia) de todas las partes del sistema deben estar bien calculadas y los equipos seleccionados deben poder soportarlas de forma segura y con espacio para variaciones.

En la proyección de los ahorros se puede dar un rango de error bajo cuando la estimación asociada a la capacidad del sistema está bien hecha, ya que una vez instalado el sistema tendrá cierta variación con respecto a la estimación de la generación mensual dada la volatilidad de las condiciones climáticas.

La estructuración clara del proyecto en cuanto a un cronograma detallado, amplio y con tiempos para retroalimentación de todas las partes interesadas, de manera que se tengan en cuenta posibles contingencias tanto en tiempo como en presupuesto, y todas las partes involucradas en la construcción tengan claridad de los plazos de inicio y cierre de cada etapa.

Una juiciosa selección del constructor y operador del sistema, que cuente con la capacidad y experiencia requeridos son fundamentales para que todo el proyecto pueda concretarse de forma exitosa.

Poder asegurar el mantenimiento requerido por el sistema para que pueda funcionar óptimamente a lo largo de la vida útil (aproximadamente 25 años).

OPORTUNIDADES

El COVID-19 ha sido una oportunidad que ha permitido adaptar, fortalecer y afianzar nuevas formas de interacción con los municipios y con los diferentes financiadores, sin perder calidad ni efectividad en el desarrollo de los propósitos y objetivos del proyecto.

La innovación y la creatividad son herramientas necesarias que deben desarrollar los Municipios para, a pesar de las condiciones especiales y adversas como las de una Pandemia, cumplir con sus objetivos y proyectos de mitigación de impacto en el medio ambiente.

Desde el inicio del proyecto piloto, se ha consolidado un equipo base al interior del municipio de Tópaga. Es una oportunidad para continuar fortaleciéndolo y para vincular a funcionarios de diferentes áreas con una participación más activa en el mismo.

OPORTUNIDADES

La herramienta metodológica financiera, les va a permitir a los municipios caracterizar sus condiciones, entender sus intereses y evaluar la oferta de posibles financiadores. Pero también es una oportunidad muy valiosa para contar con una metodología que pueden aplicar a todos los proyectos de mitigación de impacto ambiental que quieran ejecutar a futuro.

Aprendizaje del Municipio y creación de capacidades para replicar el proceso en otros proyectos. Este aprendizaje puede ser documentado y mejorado continuamente, optimizando así los procesos de futuras implementaciones en otras edificaciones.

Se pueden generar jornadas de capacitación, involucrando diferentes actores de la comunidad que puedan aprender de tecnologías FV y programas de EE, no solo para instituciones sino para hogares también.

Como municipio piloto, Tópaga tiene la oportunidad de ser pionera en el desarrollo de proyectos asociados a la mitigación de los efectos de cambio climático por parte de gobiernos locales, lo que en el futuro no ayudara solo a Tópaga, sino que servirá como guía para otros municipios que estén interesados en realizar proyectos similares.

Realizar un proyecto de energía solar fotovoltaica en instalaciones públicas como bandera de las labores positivas que está realizando el gobierno local alrededor de la lucha contra el cambio climático.

Tabla 17. Desafíos y oportunidades del proyecto

Fuente: Equipo consultor, 2020.



7 |

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 01 Dado que las instalaciones del colegio están recién construidas, las medidas de eficiencia energética requeridas son mínimas y están concentradas en cambio de luminarias, instalación de sensores de presencia con temporizadores y ajuste de botón de energía en los equipos de cómputo.
- 02 Se estima que el sistema fotovoltaico dimensionado puede proveerle a la sede de primaria de la Institución Educativa Carlos Julio Umaña entre el 80% y el 110% de su consumo de energía eléctrica por medio de autogeneración.
- 03 La planta de generación de energía eléctrica tiene un costo de aproximadamente 29.000.000 COP, mientras que las medidas de eficiencia energética tienen un costo significativamente inferior, con 2.400.000 COP por cambio de luminarias e instalación de sensores de presencia con temporizadores.
- 04 El sistema de generación con energía solar contribuye a una reducción de emisiones de GEI de entre 51 tCO2 y 68 tCO2 aproximadamente en los 25 años de la vida útil del sistema, que es comparativamente mucho más alta que lo que permiten las medidas de eficiencia energética.
- 05 La mejor fuente de financiación para el nivel de inversión de este proyecto en Tópaga es el capital semilla y los recursos propios.
- 06 La segunda mejor opción es a través de ESCOs – Operador de Red por las siguientes razones:
 - Amplia experiencia y conocimiento en desarrollo de proyectos de autogeneración.
 -  DISEÑO  COMPRA Y CONSTRUCCIÓN
 -  PERMISOS Y TRÁMITES  OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO
 - Tamaño del proyecto reduce el número de agentes interesados en financiar la operación.
 - Posibilidad de un acuerdo interadministrativo con EPM.
 - EPM, como operador de red, otorga permisos para conexión.
 - Recursos propios disponibles más allá del seed money.
- 07 La tercera mejor opción de financiamiento es por medio de un Banco comercial porque el tamaño del proyecto hace que un crédito, por el faltante contra el seed money, una línea tradicional sea fácilmente asequible.

REFERENCIAS

ABESCO. (2020). ¿Qué es una ESCO? Obtenido de <http://www.abesco.com.br/es/que-es-una-esco/>

Acciona. (15 de Febrero de 2018). Energía Renovables. Obtenido de https://www.acciona.com/es/energias-renovables/?gclid=CjwKCAjwydP5BRBREiwA-qrCGroD1s-2nDVO2x9BhJtG3mss-CYOALEY4hSPinwUwebvSF8pNegfJEBoc3HMQAvD_BwE

Asobancaria. (2020). Leasing. Obtenido de <https://www.asobancaria.com/leasing/leasing/>

Banco de la República de Colombia. (2020). Banca Comercial. Obtenido de https://enciclopedia.ban-repcultural.org/index.php/Banca_comercial

Banco Mundial. (1 de Diciembre de 2017). Eficiencia Energética. Obtenido de <https://www.banco-mundial.org/es/results/2017/12/01/energy-efficiency>

CENTELSA. (2020). CABLES CENTELFLEX PLUS. Obtenido de Centelsa: <https://www.centelsa.com/archivos/210290.pdf>

CENTELSA. (2020). Cables Fotovoltaicos. Obtenido de CENTELSA: <https://www.centelsa.com.co/archivos/Plegable-Cables-Fotovoltaicos.pdf>

Construdata. (2020). Costo Mano de Obra. Revista Construdata 194, <https://www.construdata.com/revistas/revista-construdata-194>.

EBSA. (2020). Generación Distribuida. Obtenido de EBSA: <https://www.ebsa.com.co/generacion-distribuida/>

Ecolite. (2020). Ecolite. Obtenido de Productos: Sensor Movimiento Incrustar en Pared ecolite® SE01: <https://ecolite.com.co/productos/sensor-movimiento-incrustar-en-pared-ecolite-se01-p243/>

Enphase. (2020). Accesorios de Microinversores. Obtenido de Enphase: <https://enphase.com/es-lac/productos-y-servicios/microinversores/accesorios#agregador-q>

Enphase. (2020). Hoja de datos del M250 Enphase IQ 6 / IQ 6+ Micro. Obtenido de Microinversores: <https://enphase.com/sites/default/files/downloads/support/IQ6-IQ6%2BDS-ES-LAC.pdf>

Enphase. (2020). Installing the Enphase Q Aggregator. Obtenido de Enphase: <https://enphase.com/sites/default/files/downloads/support/Q-Aggregator-QIG-EN-US.pdf>

Enphase. (2020). Microinversores Enphase. Obtenido de ENPHASE: <https://enphase.com/es-lac/productos-y-servicios/microinversores/familia>

Findeter. (09 de Abril de 2018). ¿Qué es findeter? Obtenido de <https://www.findeter.gov.co/publicaciones/500002/que-es-findeter/>

REFERENCIAS

GWL. (2014). The micro-inverter installation of multiple units. Obtenido de GWL: <https://shop.gwl.eu/blog/GridFree/The-micro-inverter-installation-of-multiple-units.html>

ICONTEC. (2002). Eficiencia Energética en Acondicionadores de Aire para Recintos. Rangos de Eficiencia y Etiquetado. Bogotá: ICONTEC.

MinEnergía. (2019). Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público - RETILAP. Obtenido de Ministerio de Energía: <https://www.minenergia.gov.co/retilap>

Ministerio de vivienda . (2020). Construcción sostenible. Obtenido de <http://www.minvivienda.gov.co/cambio-climatico/mitigacion/construccion-sostenible#:~:text=Una%20construcci%C3%B3n%20sostenible%20es%20aquella, donde%20se%20construye%20la%20edificaci%C3%B3n>.

PROCOLOMBIA. (2020). Nociones básicas de los fondos de capital privado en la legislación colombiana. Obtenido de https://www.inviertaencolombia.com.co/images/Adjuntos/Fondos_de_Capital_Privado_en_Colombia.pdf

S-5! (2020). RibBracket I-IV™. Obtenido de S-5!: <https://s-5.com/products/clamps-brackets/ribbracket-i-iv/seam-profiles/>

S-5! (2020). S-5!@ PVKIT® 2.0 Solar Rooftop Solutions. Obtenido de S-5: <https://s-5.com/products/solar-solutions/pvkit-2-0/>

S-5! (2020). S-5!@ PVKIT® 2.0 Solar Rooftop Solutions. Obtenido de S-5!: <https://s-5.com/products/solar-solutions/pvkit-2-0/exposed-fastened/>

S-5! (2020). S-5!@ PVKIT® Solar Solutions. Obtenido de S-5!: <https://s-5.com/products/solar-solutions/s-5-pv-solar-attachment-solutions/>

Secretaría Distrital de Ambiente. (2020). Importancia de la producción más limpia en IPS. Obtenido de <http://www.ambientebogota.gov.co/documents/24732/3988006/capitulo+1.-Importancia+de+la+Producci%C3%B3n+mas+limpia+en+IPS.pdf>

Solar Reviews. (29 de Mayo de 2020). Blog: Comparing micro inverters vs string inverters, plus other inverter types. Obtenido de Solar Reviews: <https://www.solarreviews.com/blog/pros-and-cons-of-string-inverter-vs-microinverter>

SolarReviews. (8 de Mayo de 2020). Wiring solar panels: Do you wire solar panels in series or parallel? Obtenido de Solar Reviews: <https://www.solarreviews.com/blog/do-you-wire-solar-panels-series-or-parallel>

SolarTex. (2020). Cable Troncal 1.0m para 60/72 celdas Enphase. Obtenido de SolarTex: <https://www.solartex.co/tienda/producto/cable-troncal-1-0m-para-60-72-celdas-enphase/>

Stäubli. (2020). Electrical Connectors AG. Obtenido de Stäubli Alternative Energies: [https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Main-11014092_\(en\)_hi.pdf#page=26-27](https://ec.staubli.com/AcroFiles/Catalogues/PV_Sol-Main-11014092_(en)_hi.pdf#page=26-27)

Suntree. (2019). SPD. Obtenido de Solartex: <https://www.solartex.co/tienda/wp-content/uploads/2020/01/DPS-Suntree.pdf>

REFERENCIAS

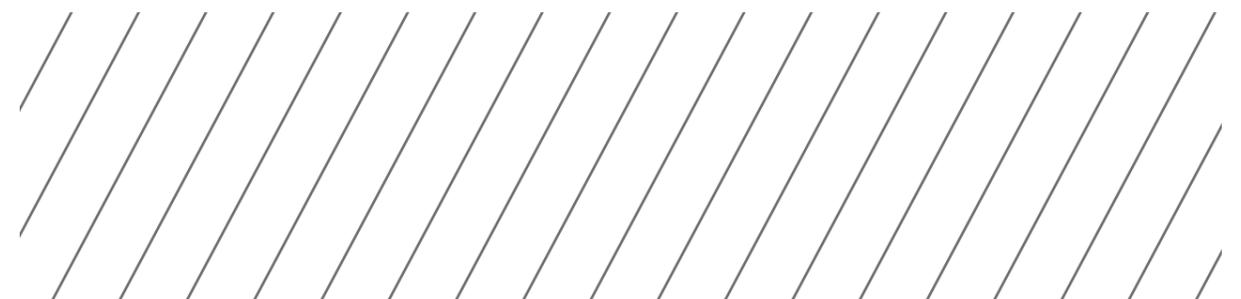
UNIRAC. (2020). Solar Hooks. Obtenido de UNIRAC: <https://unirac.com/solarhooks/>

UPME. (2014). Guía para el consumo conciente, racional y eficiente de la energía. Bogotá: Min Minas. Obtenido de <http://www.si3ea.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=wru7z0gVd/1%3d&tabid=90&mid=449&language=es-ES>

UPME. (2016). Invierta y Gane con Energía: Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014. Bogotá: Ministerio Energía.

Uribe Escobar, J. D. (2009). La banca multilateral como fuente de financiación del crecimiento económico en América Latina y en Colombia. Obtenido de https://www.banrep.gov.co/docum/Lectura_finanzas/pdf/octubre.pdf

Weather Spark. (2020). Average Weather in Tópage. Obtenido de Weather Spark: <https://weatherspark.com/y/25257/Average-Weather-in-T%C3%B3page-Colombia-Year-Round>



I.C.L.E.I
Gobiernos
Locales por la
Sustentabilidad

mitsidi
PROJETOS

icare
& consult

MARUP
energía
finanzas
competencia

Hill