

**PROPUESTA DE UN MODELO PARA REDUCIR PÉRDIDAS COMERCIALES
DE ENERGÍA CON UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN ZONAS
ESPECIALES DE SANTIAGO DE CALI**

TRABAJO DE GRADO

ULISES CAICEDO ESPINOSA

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2019**

**PROPUESTA DE UN MODELO PARA REDUCIR PÉRDIDAS COMERCIALES
DE ENERGÍA CON UN SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO EN ZONAS
ESPECIALES DE SANTIAGO DE CALI**

ULISES CAICEDO ESPINOSA

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Ingeniería Industrial

**Director proyecto
OSCAR RUBIANO OVALLE**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2019**

Nota de aceptación

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Santiago de Cali Noviembre 2019

DEDICATORIA

El logro alcanzado en el trabajado de grado lo dedico ante todo a Dios, que me guía día tras día, a mis padres, que a pesar de que partieron hace algunos años me impulsaron a estudiar constantemente, mi padre como ingeniero químico y mi madre como educadora, a mi esposa e hijo y mis hermanos que siempre me han acompañado. No olvidare nunca los principios que mis padres me enseñaron y que permiten que hoy sea una persona espiritualmente tranquila.

ULISES CAICEDO ESPINOSA

AGRADECIMIENTOS

Muchas gracias a todos mis profesores que hicieron realidad este sueño y muy especialmente a mi director de tesis.

A las empresas municipales de Cali, EMCALI E.I.C.E ESP por su apoyo económico y laboral, por permitirme que este trabajo de grado sea una realidad.

A mis compañeros de estudio que fueron un soporte durante mis estudios y con los cuales compartí momentos muy gratos.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	13
IIINTRODUCCIÓN	14
1. CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	16
1.1 CONTEXTO DEL PROBLEMA	16
1.2 ANALISIS Y JUSTIFICACIÓN	21
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	23
CAPITULO II. OBJETIVOS	24
1.4 OBJETIVO GENERAL	24
1.4.1 OBJETIVO DEL PROYECTO	24
1.5 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	24
1.6 ENTREGABLES	24
2. CAPÍTULO III. MARCO DE REFERENCIA	25
2.1 ANTECEDENTES O ESTUDIOS PREVIOS	25
2.2 MARCO TEÓRICO	29
2.2.1 PÉRDIDAS COMERCIALES	30
2.2.2 SISTEMA DE MEDICIÓN CENTRALIZADA PARA LA REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS ELÉCTRICAS CON ENFOQUE “SMART GRID”	30
2.2.3 SISTEMA DE LIMITACIÓN DE CORRIENTE	31
2.2.4 SISTEMAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	31
2.2.5 QUÉ TIPOS DE CENTRALES ELÉCTRICAS EXISTEN.	31
2.3 CONTRIBUCCÓN INTELECTUAL O IMPACTO DEL PROYECTO	30
3. CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA	48
3.1 ETAPA DE DISEÑO	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.2 ETAPA DE EJECUCIÓN	45
3.3 EVALUACIÓN, CONCLUSIONES	45
4. TÍTULO V. RESULTADOS	53
4.1 DISEÑO	53
4.2 EJECUCIÓN	
4.3 EVALUACIÓN	
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	98
BIBLIOGRAFÍA	99

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Pérdidas Comerciales Zonas Especiales de Cali – 2018.	20
Tabla 2. Perdidas Comerciales Zonas Especiales priorizadas – Cali -	21
Tabla 3. Tarifas de energía EMCALI Agosto 2019.	45
Tabla 4. Valoración de involucrados	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 5. Costos del SFV 2019.	53
Tabla 6. Deducciones de ley 1715 de 2014.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 7. Indicadores financieros SFV.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Horas solares (HSP) por mes 2019 – Cali. Fuente Nasa.gov	¡Error!
Marcador no definido.	
Tabla 9. Calculo del área disponible Proyecto.	59
Tabla 10. Energía producida SFV – 2018.	¡Error! Marcador no definido.0
Tabla 11. Parametros Comerciales.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 12. Matriz de Riesgos Parte I.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 13. Matriz de Riesgos Parte II	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 14. Matriz de Riesgos Parte III	69
Tabla 15. Matriz de Riesgos Parte IV.	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 16. 5W-2H	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 17. Modelo de diagnóstico Zonas Especiales 2019	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 18. Empleos generados FNCER.	80
Tabla 19. Resumen narrativo Zona sEspeciales.	82
Tabla 20. Matriz de Marco Logico.	91
Tabla 21. Costos unitarios SFV	91
Tabla 22. Descripción de factura .	92
Tabla 23. Costos unitarios calcluo (VEX)	93
Tabla 24. Descripción factura valor de excedentes (VEX).	93
Tabla 25. Hola de ruta.	95
Tabla 26. Beneficios del proyecto SIN -SFV	92
Tabla 27. Calificación de la propuesta del modelo	93

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pérdidas de energía eléctrica en Latinoamérica - 2018.	16
Figura 2. Esquema de distribución de las Pérdidas Eléctricas – Fuente BID	17
Figura 3. Riesgo eléctrico por manipulación de redes antitécnicas.	18
Figura 4. Localización de Zonas Especiales en Santiago de Cali.	19
Figura 5. Diagrama de Pareto - Sectores priorizados	17
Figura 6. Sistema de medida centralizada.	31
Figura 7. Central Hidroeléctrica. Fuente: Electrical .com. Fuente Google Maps	35
Figura 8. Esquema de funcionamiento de una central nuclear.	34
Figura 9. Central Hidroeléctrica. Fuente: Electrical .com. Fuente Google Maps	35
Figura 10. Producción de energía eólica. Fuente. Google Maps	35
Figura 11. Parque Eólico. Fuente Google Maps	36
Figura 12. Central Geotérmico.	37
Figura 13. Central de generación eléctrica con Biomasa.	37
Figura 14. Sistema fotovoltaico autónomo.	39
Figura 15. Sistema solar fotovoltaico conectado a red.	40
Figura 16. Sistema solar fotovoltaico híbrido. Fuente Google Maps	41
Figura 17. Árbol de Problemas. ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 18. Pérdidas de energía a nivel Mundial	46
Figura 19. Pérdidas de energía eléctrica en Latinoamérica	46
Figura 20. Vista área del sector- Implementación del proyecto. ¡Error! Marcador no definido.0	
Figura 21. Edificio No 1 Institución Educativa Isais Duarte Cancino . Cali ¡Error! Marcador no definido.0	
Figura 22. Institución educativa Isaias Duarte Cancino – para Fuente propia ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 23. Evaluación económica ¡Error! Marcador no definido.	
Figura 24. Horas Solar Pico - Mes la Santiago de Cali 2019.	57
Figura 25. Radiación Global – Cali 2019.	58
Figura 26. Perdidas comerciales nivel mundial	76
Figura 27. Pérdidas en Latinoamérica	76
Figura 28. Pérdidas por empresa	78
Figura 29. Energía fotovoltaica – Mayores productores	79
Figura 30. Energia fotovoltaica 2018	79
Figura 31. Energía fotovoltaica Latinoamérica 2016	80
Figura 32. Empleos generados SFV	81
Figura 33. Esquema modelo de reducción de pérdidas comerciales	84
Figura 34. Hoja de ruta del modelo	85
Figura 35. Balance energetico.	86
Figura 36. ..Balance comercial con la implementación del sistema fotovoltaico II	907
Figura 37. Balance comercial SIN- SFV	87

Figura 38. Balance comercial de excedentes de energía.	88
Figura 39. Balance comercial de Aumento del valor de excedentes.	89

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Cronograma de actividades – Modelo de Control de Pérdidas comerciales de Energía.	¡Error! Marcador no definido.
Anexo 2. Plan del proyecto para Zonas Especiales	99

GLOSARIO

Pérdidas comerciales: Las pérdidas comerciales de energía son aquellas por las cuales la empresa ha dejado de cobrar por diferentes motivos como, no facturación, conexiones ilegales, fraudes, errores en la medición, mala aplicación de múltiplos de facturación, líneas directas en barrios precarios. Toda esa energía ilegal o por errores que se les aplica el precio de la tarifa para efectos de los indicadores.

Asentamientos Humanos Precarios (AHP): Acorde al acuerdo 0411 de abril de 2017 del Consejo Municipal de Santiago de Cali, son los AHDI, Asentamientos Humanos de Desarrollo Incompleto, Barrios precarios y Centro poblados de la zona urbana y rural, sectores de bajos ingresos y condiciones socioeconómicas difíciles de estratos 1 y 2.

Zonas Especiales: Se definen sectores como AHDI, Zonas de Dificil Gestión, Áreas Rurales de Menor Desarrollo; pueden encontrarse sectores normalizados pero que sus condiciones socioeconómicas no son buenas.

Limitación de corriente: Intervención directa de la corriente por medios tecnológicos, con el fin de reducirla para propósitos de ahorro o eficiencia. Permite entregarle a cada usuario el valor exacto que requiera para su consumo.

Comisión Reguladora de Energía y Gas (CREG): Adscrita al Ministerio de Minas y Energía, encargada de la regulación y aprobación de las tarifas de energía y gas que aplican las empresas comercializadoras de servicios públicos en la factura de los usuarios.

Autogeneración: Aquella actividad realizada por personas naturales o jurídicas que producen energía eléctrica principalmente, para atender sus propias necesidades. En el evento en que se generen excedentes de energía eléctrica a partir de tal actividad, estos podrán entregarse a la red, en los términos que establezca la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) para tal fin.

Autogeneración a gran escala: Autogeneración cuya potencia máxima supera el límite establecido por la Unidad de Planeación Minero- Energética (UPME).

Autogeneración a pequeña escala (AGPE): Autogeneración cuya potencia máxima no supera el límite establecido por la Unidad de Planeación Minero- Energética (UPME).

Cogeneración: Producción combinada de energía eléctrica y energía térmica que hace parte integrante de una actividad productiva.

Contador Bidireccional: Contador que acumula la diferencia entre los pulsos recibidos por sus entradas de cuenta ascendente y cuenta descendente.

Desarrollo Sostenible: Aquel desarrollo que conduce al crecimiento económico, a la elevación de la calidad de vida y al bienestar social, sin agotar la base de recursos naturales renovables en que se sustenta, ni deteriorar el ambiente o el derecho de las generaciones futuras a utilizarlo para la satisfacción de sus propias necesidades, por lo menos en las mismas condiciones de las actuales.

VPN: Valor presente neto de la inversión.

TIR: Tasa interna de retorno de la inversión

R (B - C): Relación beneficio costo de la inversión

PR: Periodo de recuperación de la inversión.

Energía de biomasa: Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que se basa en la degradación espontánea o inducida de cualquier tipo de materia orgánica que ha tenido su origen inmediato como consecuencia de un proceso biológico y toda materia vegetal originada por el proceso de fotosíntesis, así como de los procesos metabólicos de los organismos heterótrofos, y que no contiene o hayan estado en contacto con trazas de elementos que confieren algún grado de peligrosidad.

Energía de pequeños aprovechamientos hidroeléctricos: Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que se basa en los cuerpos de agua a pequeña escala.

Energía eólica: Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste en el movimiento de las masas de aire.

Energía geotérmica: Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste en el calor que yace del subsuelo terrestre.

Energía solar: Energía obtenida a partir de aquella fuente no convencional de energía renovable que consiste en la radiación electromagnética proveniente del sol.

Excedente de energía: La energía sobrante una vez cubiertas las necesidades de consumo propias, producto de una actividad de autogeneración o cogeneración.

Fuentes convencionales de energía: Son aquellos recursos de energía que son utilizados de forma intensiva y ampliamente comercializados en el país.

Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE): Son aquellos recursos de energía disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran FNCE la energía nuclear o atómica y las FNCE. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCE según lo determine la UPME.

Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCE): Son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleados o son utilizados de manera marginal y no se comercializan ampliamente. Se consideran **(FNCE)** la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como FNCE según lo determine la UPME.

Generación Distribuida (GD): Es la producción de energía eléctrica, cerca de los centros de consumo, conectada a un Sistema de Distribución Local (SDL). La capacidad de la generación distribuida se definirá en función de la capacidad del sistema en donde se va a conectar, según los términos del código de conexión y las demás disposiciones que la CREG defina para tal fin.

Sistema energético nacional: Conjunto de fuentes energéticas, infraestructura, agentes productores, transportadores, distribuidores, comercializadores y consumidores que dan lugar a la explotación, transformación, transporte, distribución, comercialización y consumo de energía en sus diferentes formas, entendidas como energía eléctrica, combustibles líquidos, sólidos o gaseosos, u otra. Hacen parte del Sistema Energético Nacional, entre otros, el Sistema Interconectado Nacional, las Zonas No Interconectadas, las redes nacionales de transporte y distribución de hidrocarburos y gas natural, las refinerías, los yacimientos petroleros y las minas de carbón, por mencionar solo algunos de sus elementos

RESUMEN

Actualmente las empresas de servicios públicos demandan procesos o esquemas eficientes que permitan una mejora continua en sus operaciones, contribuyendo a la cadena de valor y generando mayor rentabilidad. Para presentar una propuesta de un Modelo que contribuya a reducir las pérdidas comerciales de energía, es necesario conocer la situación actual del negocio, recursos, necesidades, perspectiva a corto, mediano y largo plazo, es decir, definir un Plan Estratégico, para ello es necesario presentar los diferentes escenarios y validar la mejor opción. Lo anterior permite rentabilidad financiera, ambiental y social.

El propósito de este proyecto es presentar una secuencia estructurada de metodología de implementación de herramientas específicas de la ingeniería Industrial, desarrollo de mercados de energía sobre la red de distribución, utilización de herramientas tecnológicas y recursos del Estado, para ello se define una hoja de ruta del Modelo que permite la reducción de las pérdidas comerciales de energía, impactando de manera positiva el flujo de Caja del negocio de energía y por ende de la empresa, el cual puede ser replicado en otras empresas.

Entre las actividades realizadas se tuvo reuniones con la comunidad, se analizaron y evaluaron los factores relevantes en las pérdidas de energía eléctrica, visitas al sitio propuesto para la implementación del proyecto, recopilación de información y experiencias desarrolladas con sistemas fotovoltaicos.

Como normativa se aplicó el Decreto 111 de 2012 del Ministerio de Minas y Energía para la prestación del servicio de energía en Zonas Especiales. El Acuerdo 0411 de 2017 del Consejo Municipal de Santiago de Cali que define y cuantifica los Asentamientos Humanos Precarios (AHP) y la ley 1715 de 2014 que tiene por objeto promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales FNCER de carácter renovable, en el sistema energético nacional.

El modelo propuesto permitió demostrar sobre la mejor propuesta para el control de las pérdidas comerciales de energía.

Palabras claves: Sistema solar fotovoltaico, pérdidas comerciales, generación distribuida, servicios públicos, Zonas Especiales.

INTRODUCCIÓN

Las empresas municipales de Cali EMCALI EICE ESP presentan altas pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales, un asentamiento es precario cuando no provee alguna de las condiciones necesarias para el desarrollo de una buena calidad de vida de la población que en ellos habita, es decir presentan exclusión total o parcial de los espacios y flujos económicos, productivos, informacionales, culturales y sociales. En la ciudad de Santiago de Cali existen 210 AHP que le representan a la empresa de servicios públicos pérdidas comerciales de energía superiores al 60%.

Entre las razones que motivan la investigación del presente trabajo de grado es pertenecer al grupo de Control de Pérdidas de Energía de la empresa para la cual laboro y en donde se nos encomendó la elaboración de un plan de trabajo para gestionar las pérdidas de energía en las Zonas Especiales, acorde al plan estratégico que incluye la disminución de pérdidas no técnicas de energía dadas por fraudes, conexiones ilegales, errores en la medición que se convierten en pérdidas administrativas o comerciales al aplicarles el valor de la tarifa definido por la CREG.

Otra razón importante consiste en que la empresa objeto de la investigación busca una propuesta que le permita evaluar los factores relevantes causantes de esta problemática en el corto, mediano y largo plazo para reducir estas pérdidas.

Para el desarrollo del proyecto se definió un plan de trabajo con su correspondiente cronograma de actividades, se priorizó por parte de la empresa 20 Zonas Especiales, se socializó el programa entre la comunidad, el levantamiento de la información necesaria por cada predio, se midió la energía despachada, facturada y la pérdida, en algunos sectores se mejoraron las condiciones técnicas de la red eléctrica, se expidieron las facturas de servicios públicos, se analizaron los factores que inciden en mayor grado en las pérdidas comerciales y finalmente se presentaron los resultados utilizando indicadores de gestión o métricas.

El trabajo de grado consiste en probar que nuestra propuesta es una buena aproximación para determinar el comportamiento de las pérdidas comerciales, bajo condiciones no favorables como las barreras sociales, económicas y ambientales que se dan en las Zonas Especiales.

Entre los objetivos está el de contribuir al mejoramiento de los procesos de comercialización y venta de los servicios públicos domiciliarios vinculando procesos de Autogeneración y Generación Distribuida (GD) acorde a la ley 1715 de 2014, utilizando para ello un sistema de generación solar fotovoltaico. La propuesta del modelo se estructura en la metodología del marco lógico (MML).

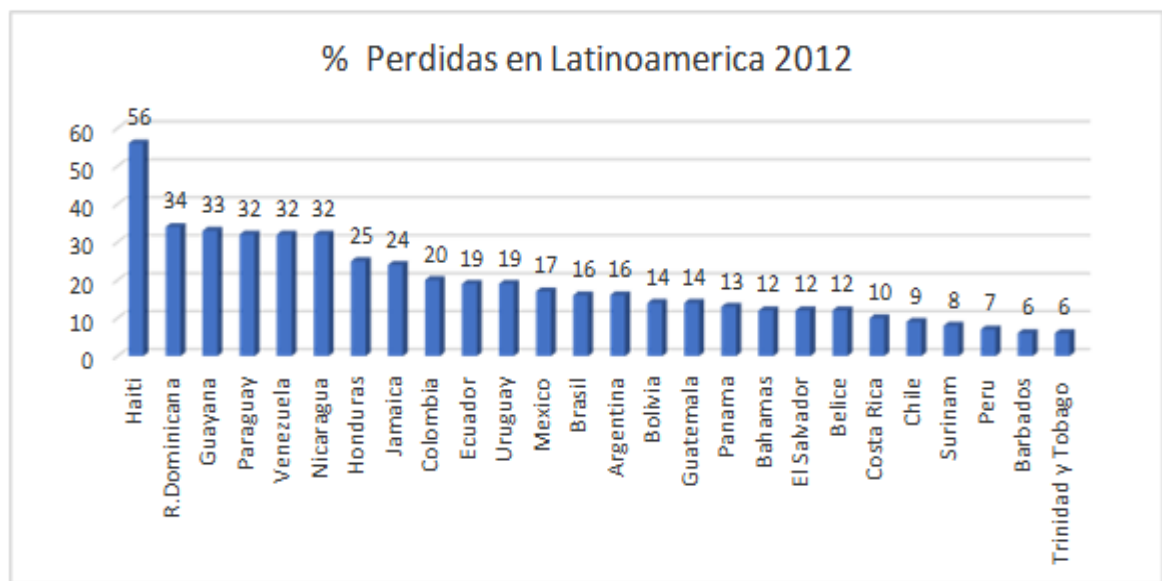
El proyecto se organizó con la definición del problema y algunas de sus causas como la pobreza, el desempleo, los bajos ingresos, las políticas sociales insuficientes, inseguridad ciudadana, en su contexto se analizaron aspectos económicos, sociales y regulatorios, criterios a considerar como la situación económica de la población, el régimen tarifario vigente, la situación financiera de la empresa, la cultura, el comportamiento de los clientes y el medio ambiente físico entre otros, en el análisis y justificación se contempló el aseguramiento de ingresos por parte de la empresa, el control al crecimiento del mercado de la energía ilegal, los planes del gobierno nacional y municipal, el plan de ordenamiento territorial P.O.T., como objetivos se realizó la caracterización de las pérdidas comerciales y los sistemas fotovoltaicos, desarrollo de la propuesta del modelo y presentación de resultados para decidir sobre la mejor opción.

CAPÍTULO I. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

○ CONTEXTO DEL PROBLEMA

En América Latina se pierde el 17% de la electricidad que se genera según informe del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) datos del año 2018. Las pérdidas de electricidad en la región duplican la media de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) las cuales se calculan entre 11 mil y 17 mil millones de dólares, el 80% se generan en el sector de la distribución.¹¹

Figura 1. Pérdidas de energía eléctrica en Latinoamérica - 2012.



Fuente: BID.

Según lo explica el BID, la pérdida de riqueza que provoca este problema afecta el sector energético y el progreso de las regiones, ya que las empresas disponen de menos recursos para invertir, sobre todo en lugares marginados.

Las pérdidas no técnicas de energía incluyen las pérdidas sociales y comerciales, que a su vez se relacionan con procesos ineficientes en los sistemas de medición, recaudo, facturación y administrativo. Las pérdidas comerciales, que son producidas por las alteraciones de los equipos de medición (Fraudes) y la modificación ilegal de las conexiones con la finalidad de disminuir el consumo de energía, a ello se suma la falta de un plan integral de gestión de pérdidas que permita un control y seguimiento más efectivo.

¹ Ing. Alberto Tama Franco (MGE, MBA Asesor de la Gerencia General de la Corporación Eléctrica del Ecuador), REVISTA CRIEEL Ed 33. 2018

Figura 2. Esquema de distribución de las Pérdidas Eléctricas.



Fuente: BID.

Teniendo en cuenta los estudios del BID, «La situación es especialmente alarmante si observamos la tendencia de las tres últimas décadas, ya que la pérdida de electricidad en la región no ha mejorado y ha empeorado su ratio». Esa ausencia de mejora es achacada por parte del organismo a «La insuficiente inversión en infraestructura para un desarrollo dinámico de la región durante los últimos treinta años».

Por países, el rango es muy amplio, Haití pierde la mitad de la electricidad que genera, en contraste con Trinidad y Tobago en donde las cifras escasamente superan el 6%. En todo caso, solo seis de los veintiséis países que forman parte de la región se pueden considerar libres de este problema: Trinidad y Tobago, Barbados, Perú, Surinam, Chile y Costa Rica; los cuales contabilizan pérdidas de electricidad inferiores al 10%.

En términos generales, acorde a la investigación realizada por el BID, en Latinoamérica se pierde anualmente unos 9 teravatio (TW), con lo que se podría atender la demanda del Perú en dos años.

En Colombia la defraudación de fluidos (Energía), alcanza valores que oscilan entre los 130.000 y 150.000 millones de pesos mensuales, según la asociación Nacional de Empresas de Servicios Públicos y Comunicaciones (Andesco), empresas como Condensa tienen pérdidas mensuales de 32 mil millones de pesos y Electricaribe cerca de los 30 mil millones de pesos mensuales.

Figura 3. Riesgo eléctrico por manipulación de redes antitécnicas.



Fuente: Google Maps

La electricidad no facturada alienta el consumo excesivo entre los consumidores finales, lo cual no permite la formación de hábitos de ahorro de energía, incrementando la demanda y afectación al medio ambiente. Entre los síntomas podemos nombrar bajo recaudo, cartera morosa, fraude del servicio, deficiente prestación del servicio, cultura de no pago.

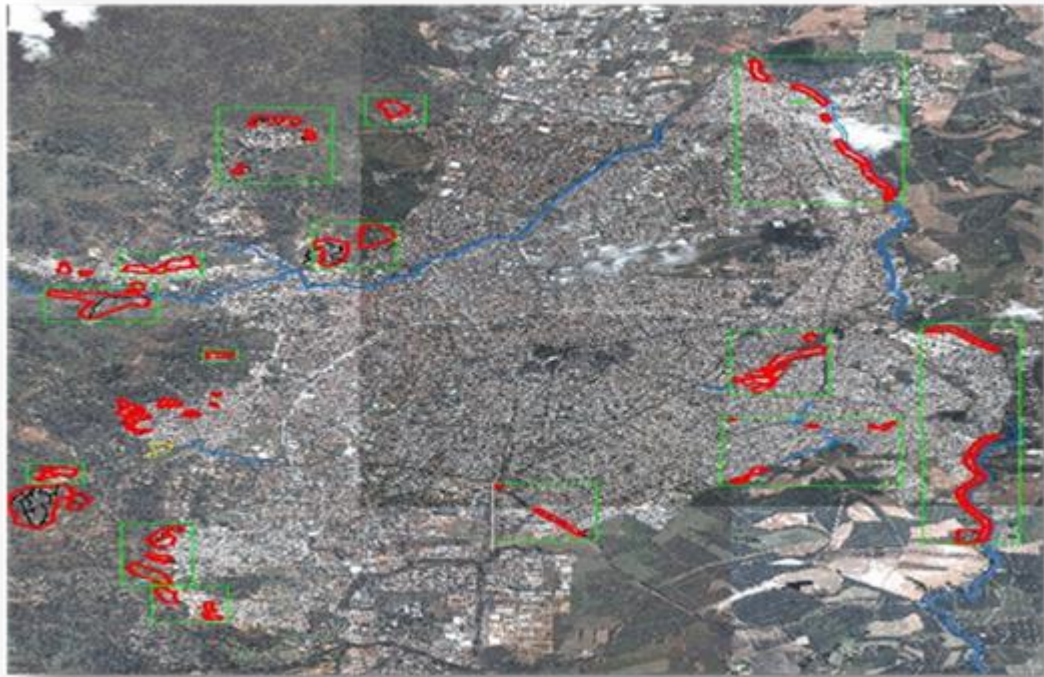
Las Pérdidas Comerciales se visualizan desde los estados financieros de las compañías, pues representan la diferencia entre la energía comprada y la energía vendida por el comercializador.

$$\% \text{ Pérdidas Comerciales} = (\text{Compra} - \text{Venta} / \text{Compra})$$

La empresa prestadora de los servicios públicos en las Zonas Especiales en la Ciudad de Santiago de Cali es EMCALI E.I.C.E E.S.P, es una empresa pública multiservicios (Energía, Acueducto, Alcantarillado y Telecomunicaciones).

Uno de los grandes problemas que tiene es el control de las pérdidas comerciales en los sectores antes mencionados, en la actualidad no cuenta con un Modelo eficiente que le permita reducir las pérdidas comerciales de energía, lo anterior tiene consecuencias que impactan de manera negativa el flujo de caja de la empresa, esto permite identificar una oportunidad de mejora del proceso actual. Las Zonas Especiales (Asentamientos Humanos Precarios, Zonas de Difícil Gestión, Centros Poblados, Áreas Rurales de Menor Desarrollo) en la ciudad de Santiago de Cali, se ubican en la periferia de la ciudad. En la figura 4 podemos observar su distribución.

Figura 4. Localización de Zonas Especiales en Santiago de Cali.



Fuente: EMCALI

Según el acuerdo 0411 de 2017 del Consejo Municipal de Santiago de Cali se denomina Asentamientos Humanos Precarios, las áreas objeto del programa integral de mejora del hábitat, es decir aquellos que no han sido parte de los procesos de urbanismo, en la ciudad de Santiago de Cali, se identifican un total de 210 AHP.

Las pérdidas comerciales de energía que se presentan en las Zonas Especiales ascienden a los \$1.577.392.123 (Mil quinientos setenta y siete millones trescientos noventa y dos mil ciento veinte tres pesos) por mes². En la tabla 1 se muestran los datos respectivos.

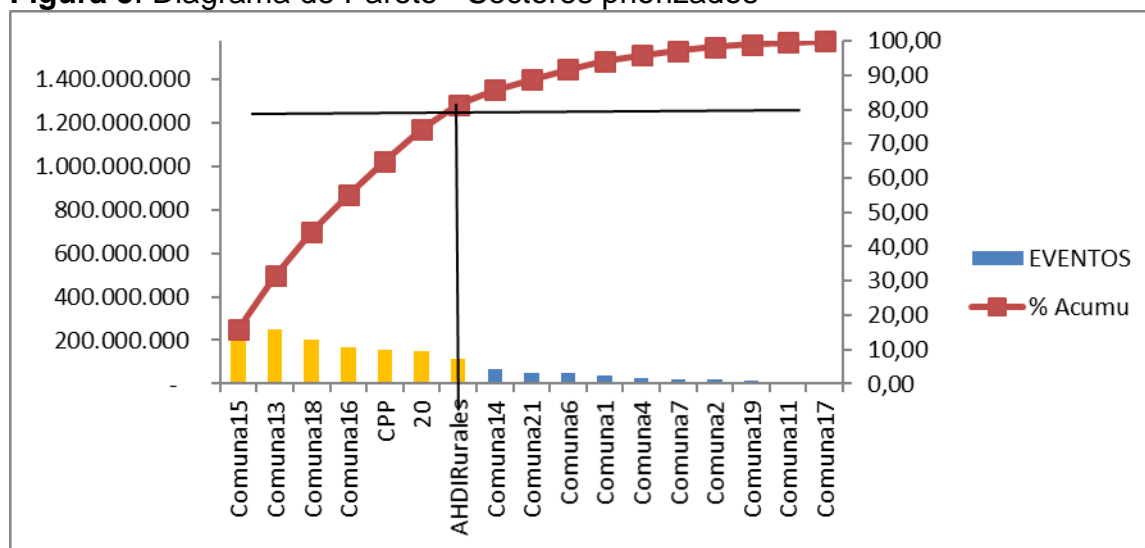
² Fuente EMCALI

Tabla 1. Pérdidas Comerciales Zonas Especiales de Cali – 2018.

Item	Comunas	Costo Pérdidas Comerciales AHP (\$/ Mes)	Costos totales %	Costos acumulados (\$)
1	15	249.082.923	15,79	249.082.923
2	13	247.643.827	15,70	496.726.750
3	18	203.541.299	12,90	700.268.049
4	16	167.861.814	10,64	868.129.863
5	CPP	156.270.588	9,91	1.024.400.451
6	20	147.886.454	9,38	1.172.286.905
7	AHDI Rurales	112.858.515	7,15	1.285.145.420
8	14	67.380.713	4,27	1.352.526.133
9	21	48.487.362	3,07	1.401.013.495
10	6	47.094.047	2,99	1.448.107.542
11	1	36.950.714	2,34	1.485.058.256
12	4	28.005.632	1,78	1.513.063.888
13	7	18.567.555	1,18	1.531.631.442
14	2	17.069.004	1,08	1.548.700.447
15	19	13.602.831	0,86	1.562.303.277
16	11	8.190.742	0,52	1.570.494.019
17	17	6.898.104	0,44	1.577.392.123
Total		1.577.392.123		

Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Diagrama de Pareto - Sectores priorizados



Fuente: Elaboración propia

Por medio del diagrama de Pareto se realizó la priorización de las Zonas Especiales con mayores pérdidas comerciales, se seleccionó el sector Brisas de las Palmas, en donde se tomó una muestra de 600 usuarios. La Tabla 2 muestra los sectores priorizados.

Tabla 2. Perdidas Comerciales Zonas Especiales priorizadas – Cali

Ítem	Comuna – Sector	Pérdidas comerciales (\$ / Mes)
1	Comuna15	249.082.923
2	Comuna13	247.643.827
3	Comuna18	203.541.299
4	Comuna16	167.861.814
5	CPP	156.270.588
6	20	147.886.454
7	AHDI Rurales	112.858.515
	Total	1.285.145.420

Fuente: Elaboración propia

○ **ANÁLISIS Y JUSTIFICACIÓN**

Las pérdidas comerciales de energía, ha sido uno de los grandes problemas al que se deben enfrentar las empresas comercializadoras o distribuidoras de servicios públicos, una empresa refleja en gran medida su eficiencia acorde al nivel de pérdidas comerciales que tenga, el problema se agrava cuando se trata de sectores precarios en donde confluyen aspectos relacionados con la extrema pobreza, cultura del no pago, inseguridad, mal uso del servicio, falta de oportunidades en empleo, educación, desplazamiento forzado generado por el conflicto armado.

Las políticas regulatorias para el control de las pérdidas comerciales en las Zonas Especiales no han sido suficientes, situación que no ha facilitado su control y seguimiento, porque las empresas no cuentan con procesos y procedimientos eficientes que se ajusten a este tipo de usuarios. A partir del año 2012 se ha venido trabajando en mejorar la normatividad, razón por la cual se deben presentar propuestas que permitan la solución del problema.

Las estrategias empleadas para el control y seguimiento de las pérdidas comerciales en las Zonas Especiales, no ha dado los resultados esperados porque se utilizan mecanismos similares que para un servicio normalizado, es decir en un contrato de condiciones uniformes que no aplica a este tipo de usuarios ya que se regulan por otra norma y en ellos se presentan barreras de tipo social, económico y ambiental, por lo anterior debemos cambiar el modelo de intervención, esto

justifica presentar una propuesta de Modelo que se ajuste a las condiciones dadas y que permita generar rentabilidad social, económica y ambiental.

Esta problemática ha propiciado el aumento de las pérdidas comerciales de energía, afectando el flujo de caja de la empresa y reduciendo notablemente las inversiones en infraestructura, lo cual no ha permitido mejorar las condiciones del servicio, a lo anterior debemos sumarle los riesgos que se presentan por el manejo de conexiones ilegales que ponen en peligro la vida de las personas y sus bienes.

En Colombia se tuvo una experiencia con una empresa de servicios públicos, en donde no se le dio el tratamiento adecuado a esta situación y desencadenó la quiebra financiera que hoy todo el País debe pagar. Dada la importancia del tema se hace necesario mejorar la gestión de intervención y presentar un modelo que contribuya a la reducción de las pérdidas de energía por parte de la empresa y permita mejorar las condiciones socioeconómicas de los usuarios.

La generación de energía con fuentes no renovables ha propiciado una afectación severa al medio ambiente con los altos índices de emisiones (CO₂) y gas metano (CH₄), razón por la cual se realizan esfuerzos en mejorar la matriz energética, promoviendo el uso de energías renovables como la solar fotovoltaica SFV, para ello el Gobierno ha propiciado estímulos arancelarios como descuentos en Impuesto a la renta 50%, IVA 19% y depreciación acelerada 20%. por la compra de elementos y equipos para la generación de energía con Fuentes No Convencionales de Energía Renovable FNCER, Ley 1715 y resolución 030 del 28 de marzo del 2018. El Gobierno Nacional designó a la CREG, Comisión de Regulación de Energía y a la UPME, Unidad de Planeación Minero - Energética, ambas adscritas al Ministerio de Minas y Energía como coordinadores a nivel nacional.

Existen variables que son difíciles de controlar como el conflicto armado, que a pesar de los grandes esfuerzos del Gobierno, sigue generando actos de violencia que desencadenan en desplazamientos masivos de población, que se refugian en sectores como las Zonas Especiales, donde los altos índices de pobreza contribuyen a que la situación empeore, otras variables que se pueden controlar tienen que ver con el Modelo propuesto, que debe enfocarse en dos aspectos esenciales, como son la reducción de las Pérdidas Comerciales, utilizando fuentes renovables de energía como el Sol, que no tienen ningún costo y la generación de ingresos para los interesados.

El impacto del modelo propuesto (Uso de energía solar fotovoltaica SFV) permite desarrollar una alianza entre (Comunidad, Gobierno y Empresa) para reducir las pérdidas y mejorar la calidad de vida de los usuarios, ya que la ley 1715 del 2014 y su resolución reglamentaria 030 de marzo 28 de 2018, permite crear pequeñas empresas de generación de energía (GD) Generación distribuida, hasta 0,1 MW y

donde es obligación de las empresas de servicios públicos comprarle a los usuarios los excedentes de energía de su proceso de generación y así obtener rentabilidad económica, que contribuya al aumento del recaudo por energía vendida y reducción de las pérdidas comerciales de energía.

○ **FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Pregunta de investigación

¿Es posible desarrollar un modelo que permita reducir las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales de Santiago de Cali?

El problema es que las pérdidas comerciales de energía eléctrica en este tipo de sectores son altas, (Mayores al 60%, \$1.577.392.123 millones) porque están relacionadas con factores en el método y de tipo socioeconómico. Por lo tanto, existe la necesidad de presentar una propuesta de un modelo estandarizado que permita reducir las pérdidas comerciales de energía y generar rentabilidad económica para los interesados.

De esta manera, EMCALI cumple con los indicadores definidos por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG) del Ministerio de Minas y Energía.

Los habitantes de las Zonas Especiales de Santiago de Cali se han ideado diferentes mecanismos para acceder a la electricidad de manera gratuita como la instalación de conexiones directas para desviar la electricidad a los hogares y negocios de los residentes. Estas conexiones ilegales elevan el riesgo de electrocución, cortocircuitos e incendios repentinos por las fluctuaciones de tensión, también se refleja la poca presencia del Estado para suplir las necesidades en materia de servicios públicos domiciliarios a los barrios más pobres.

El uso generalizado de conexiones ilegales se convirtió en un factor crítico de las pérdidas comerciales de energía, las cifras van en aumento, a modo de comparación, la electricidad robada en EMCALI en las Zonas Especiales es equivalente al consumo de un Municipio como Puerto Tejada o Yumbo en donde se tiene una población de más de 40 mil habitantes. Las fallas de los circuitos por donde circula la corriente afectan a otros usuarios del entorno y que tienen sus servicios normalizados, lo que genera problemas para la empresa de servicios públicos por las quejas constantes o PQR, que demandan personal para atenderlas y por ende se aumentan los costos administrativos, además la empresa de servicios públicos se debe enfrentar a retos importantes para facturar estos sectores por las condiciones de seguridad que impiden la entrega de las facturas de manera individual lo que agrava también la cartera morosa.

CAPITULO II. OBJETIVOS

○ OBJETIVO GENERAL

Contribuir al mejoramiento de los procesos de generación, distribución y comercialización de la energía eléctrica.

○ Objetivo del Proyecto

Proponer un modelo para reducir las pérdidas comerciales de energía con un sistema solar fotovoltaico en Zonas Especiales de Santiago de Cali.

○ OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales; Investigar y analizar los métodos utilizados en la generación, transmisión distribución y uso de la energía solar fotovoltaica.
2. Desarrollar el modelo para diferentes escenarios, mediante un método que permita su evaluación económica.
3. Validación de la propuesta, presentar los resultados y decidir sobre la mejor opción.

○ ENTREGABLES

1. Informe actual de las pérdidas comerciales de energía en Zonas Especiales.
2. Propuesta del Modelo para reducir pérdidas comerciales en Zonas Especiales con un sistema solar fotovoltaico (Tesis).
3. Modelo de evaluación económica del proyecto con indicadores financieros, VAN, TIR, R (B-C), PR.
4. Matriz de Marco Lógico (MML)
5. Informe de validación del modelo y su hoja de ruta.
6. Cronograma de actividades

CAPÍTULO III. Marco de Referencia

○ ANTECEDENTES O ESTUDIOS PREVIOS

- Ley 1715 de 2014, por medio de la cual se regula la integración de las Fuentes No Convencionales de Energías Renovables (FNCER) al Sistema Energético Nacional.

La presente ley 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. Con los mismos propósitos se busca promover la gestión eficiente de la energía, que comprende tanto la eficiencia energética como la respuesta de la demanda, el fomento de la inversión, investigación y desarrollo de tecnologías limpias para producción de energía.

Aporte: Bases legales para la implementación de las energías renovables, Generación Distribuida (GD) en la Matriz Energética de Colombia.

- Taller Autogeneración a pequeña escala y Generación Distribuida (GD) en el SIN (Sistema Interconectado Nacional), resolución CREG 121 DE 2017.

En este taller el Ministerio de Minas y Energía, presentó el contexto y las propuestas de integración, el proceso de conexión, modelo de comercialización y remuneración de los excedentes de energía.

Aporte: Modelo matemático para la aplicación y cálculo de los excedentes de energía e incentivos en usuarios con un proceso de generación distribuida (GD) menores a 0.1 MW mes. Escenario de aplicación del modelo propuesto o casos de estudio, los cuales nos permite presentar las diferentes alternativas y poder determinar el caso más conveniente para los interesados.

- En febrero de 2015, se presentó el informe final de CARBON TRUS, Análisis Económico y Evaluación Costo - Beneficio de los Mecanismos, Herramientas y Estrategias para la promoción de FNCER en Colombia.

El informe plantea la evaluación económica, costos y beneficios de las Fuentes No Convencionales de Energía Renovables en Colombia FNCER, se analizan los diferentes escenarios para cada tecnología (Solar fotovoltaica, Eólica, Geotérmica, Biomasa y Biogás), las externalidades que no son tenidas en cuenta para el análisis de rentabilidad de los proyectos.

Aporte: El documento nos sirve para soportar o sustentar el análisis económico de las FNCER con incentivos y sin estos, la importancia que tienen las externalidades, como reducción de CO₂, la creación de empleos, la aplicación de subsidios de energía como en el caso de Italia (Fred – In Tariffs, FIT) de subsidios públicos para la generación de energía solar

fotovoltaica, como conclusión se define que la ley 1715 de 2014, es para Colombia una inversión muy rentable, pág. 120, literal 8.2 del informe de CARBON TRUST de febrero de 2015.

- En marzo del año 2011, se presentó una tesis de grado para optar el título de Magister en Desarrollo Rural de la Universidad Javeriana, facultad de estudios ambientales y rurales el cual se titula “*La energía solar fotovoltaica como factor de desarrollo en zonas rurales de Colombia*”. Rafael Eduardo Ladino Peralta.

La presente investigación recoge los resultados en torno a las características sociales, ambientales, económicas y de política, con relación al uso de la energía solar fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural. El estudio se llevó a cabo con el método del caso en la vereda de Carupana, municipio de Tauramena, departamento de Casanare, el objetivo que se planteó, describir las implicaciones sociales, ambientales, económicas y políticas del uso de energía solar fotovoltaica y su incidencia en el desarrollo rural.

Aporte: Aprovechamiento de la energía solar fotovoltaica como medio de desarrollo social y económico de una comunidad de bajos ingresos.

- En el año 2018 se presentó una tesis de grado para optar el título de Ingeniería Ambiental, de la Universidad Santo Tomas, sede Villavicencio, Meta el cual se titula “análisis beneficio – costo de la implementación de un sistema solar fotovoltaico en el campus de aguas claras de la Universidad Santo Tomas, presentado por, Gina Marcela Benito Molina y Karen Julieth Ruiz Calderón.

El documento presenta el análisis de la relación beneficio - costo de un sistema solar fotovoltaico, comparando los tipos de sistemas aislado e interconectado, considerando datos de consumo energético y cantidad de radiación solar, así como la evaluación de los impactos ambientales asociados a cada sistema y de indicadores financieros

Aporte: Análisis comparativo de los beneficios – Costos de implementar un sistema solar fotovoltaico aislado y uno conectado a la red de energía, en conclusión, el sistema aislado es más costoso, ya que incluye baterías para la acumulación de energía y requiere de un mantenimiento permanente.

- En el año 2017 se expidió por parte del Consejo Municipal de la ciudad de Santiago de Cali un acuerdo mediante el cual se regulan los aspectos urbanísticos y se hace énfasis en políticas de desarrollo socioeconómico para los habitantes de AHP, facilitando su desarrollo social y mejoramiento de la calidad de vida.

El presente documento tiene como objetivo general, mejorar de manera integral el hábitat de los hogares concentrados en Zonas Especiales del Municipio de Santiago de Cali. Como objetivos específicos se mencionan:

- Promover una eficiente acción de la Administración Municipal para atender, intervenir y mejorar los AHP.
- Crear un marco normativo diferencial para ajustar la norma a la realidad de los AHP.
- Priorizar territorios de intervención y desarrollar programas y proyectos de mejoramiento integral del hábitat para que los territorios alcancen las condiciones urbanísticas constructivas requeridas por las normas vigentes y dinamicen su economía local.
- Hacer seguimiento, control y vigilancia para evitar la localización de nuevos AHP en zonas no aptas para urbanizar.
- Capacitar a la comunidad sobre el impacto de los AHP en zonas de riesgo o de importancia ambiental.

Aporte: Normatividad que nos permite desarrollar proyectos en el Municipio de Santiago de Cali en zonas de riesgo mitigable y no riesgo, desarrollo de proyectos económicos entre los que se incluyen las Alianzas Estratégicas.

- Concepto SSPD- OJ 2009 – 066 de enero 27 de 2009. ¿se basa la consulta objeto de estudio en determinar si los Asentamientos surgidos de invasiones que no poseen servicios públicos domiciliarios regulados, tienen derecho a que se les instalen acorde al marco normativo. ¿Qué entidades tienen la responsabilidad y con qué recurso se cuenta? ¿Ante quien lo solicitan? ¿Cómo deben solicitarlos?

En el concepto se expresa claramente que aquellas Zonas Especiales (Zonas de Difícil Gestión, Barrios Subnormales, Áreas Rurales de Menor Desarrollo) en donde no existe alto riesgo es obligación del Estado buscar soluciones a la problemática de servicios públicos, vivienda y demás condiciones que permitan mejorar el nivel de vida de acorde al P.O.T, es decir son objeto de estudios para su viabilidad, por ejemplo, estabilidad de los terrenos si se encuentran en alto riesgo, bajo o mitigable.

Aporte: Conocimiento y normativa para clasificar las Zonas Especiales por su nivel de riesgo ambiental, teniendo en cuenta que solo se pueden gestionar aquellas en donde no existe riesgo ambiental o este es mitigable.

- En el año 2010 en la Facultad de Ciencias Económicas y Administrativas de la Pontificia Universidad Javeriana de Colombia se presentó en la modalidad taller de grado II, Plan de Mercadeo para disminuir el hurto de energía en los estratos 1, 2, 3 de la ciudad de Bogotá por Marvin Didier Rodríguez Castillo como requisito para optar el título de Administrador de Empresas.

La investigación realizada tiene como objeto central presentar un plan de mercadeo que permita visualizar y conocer de fondo el tema del hurto de energía en los estratos 1, 2, 3, de la ciudad de Bogotá, en las localidades de Kennedy, Bosa, Soacha, Ciudad Bolívar, Fontibón, y Usme con el fin de poder controlar dichas pérdidas aplicando estrategias comerciales, el trabajo se realiza con la empresa CODENSA. Recomiendan planes de transformación cultural como en Comunicación y Educación, trabajar en acercamientos con la Alcaldía Distrital para llegar a acuerdos, que permitan la legalización y posterior normalización de los usuarios ubicados en zonas de alto riesgo, zonas rojas y barrios subnormales, manifiestan que algunas de estas pérdidas no son gestionables dada la problemática social y legal, también recomiendan planes de inversión preventivos y correctivos que permitan disminuir los índices de pérdidas no técnicas de energía.

Aporte: Esta investigación nos permite mejorar temas estratégicos de mercadeo, apuntando a la gestión en barrios que no se encuentran en alto riesgo ambiental y con posibilidad de expedición de la regularización vial por parte de Planeación Municipal.

- En el año 2016 en la Universidad de Chile, facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, departamento de Ingeniería Eléctrica se presentó un trabajo de grado para optar el título de Ingeniería civil eléctrica “Diseño de un sistema de generación fotovoltaica para viviendas conectadas a la red de distribución en el contexto de la ley 20571”, trabajo presentado por Millaray Alejandra Miranda Escobar.

El trabajo de grado consistió en aplicar metodologías confiables para proyectos de centrales fotovoltaicas de baja potencia y aplicarlos a viviendas típicas ubicadas en diversas ciudades del País, con base a los resultados así obtenidos se pretende entregar recomendaciones para optimizarlas económicamente.

Aporte: Definir un método para la evaluación económica de la propuesta presentada en las Zonas Especiales, pero conectadas a la red de energía, no se tiene en cuenta para un sistema aislado, la ley 20571 en Chile es el símil de la 1715 de 2014 en Colombia.

- En el año 2009 se presentó un trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Civil Industrial de la Universidad de Chile “Rediseño del proceso de Control de pérdidas de energía eléctrica, el transformador de distribución como eje articulador en la gestión de las pérdidas de energía”, por Matías Edmundo Bustamante Moltedo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

El trabajo presentado fundamenta su información en el transformador de distribución como unidad de gestión para el control de pérdidas no técnicas de energía, buscando con ello la optimización del proceso.

Aporte: Optimización de procesos mediante la tecnología Seis Sigma, con aporte hacia la mejora continua, considerando para ello el uso de tecnologías que minizan el tiempo de control y seguimiento; para nuestro proyecto es fundamental el uso de tecnologías de control, de hecho, se utiliza actualmente un sistema tecnológico de limitación de la corriente, que consiste en controlar el consumo de los usuarios y nos permite ahorros hasta de un 25% de la energía despachada, tema fundamental para el proceso de comercialización de la energía en un sistema solar fotovoltaico, ya que la energía que se ahorra por importación o tomada de la red de energía del operador, le permite entregar más excedentes de energía, obteniendo un mayor beneficio económico.

- En el año 2018 se realizó por parte del Departamento de Planeación Municipal DNP la “Evaluación de resultados de la Política de Servicios Públicos Domiciliarios en temas de energía eléctrica en Colombia”. Para ello contrato a la firma Unión Temporal Ernest & Young, para el desarrollo de la investigación, la evaluación se enfoca en los resultados del desempeño de las empresas prestadoras del servicio y en los factores comportamentales que juegan un rol en la relación entre las empresas prestadoras del servicio y los usuarios.

Aporte: Esta investigación nos profundiza en el análisis de los factores incidentes en materia de servicios públicos, caracterización de la interacción entre usuario y prestador del servicio, lo cual nos permite enriquecer en el análisis de pérdidas de energía y su relación con el entorno, con énfasis en las condiciones que inciden en la morosidad y pérdidas no técnicas, a partir de los hallazgos identificados se proponen alternativas para superar las dificultades encontradas.

○ **MARCO TEÓRICO**

Descrito los objetivos de la presente tesis y el problema de estudio, definimos los conceptos básicos como son las pérdidas comerciales de energía, la energía solar fotovoltaica, que es un sistema de generación de energía, definición de las zonas especiales y su clasificación, como funciona un sistema de generación de energía solar fotovoltaica, la metodología utilizada de Marco Lógico, Design Thinking.

- **Pérdidas Comerciales**

Las pérdidas comerciales de energía se definen como la diferencia entre la energía comprada y la energía vendida, se clasifican en pérdidas no técnicas y técnicas, las no técnicas, se relaciona como aquella que se pierde por conexiones ilegales, fraudes de energía y pérdidas administrativas por procesos deficientes de facturación. Las pérdidas técnicas se dan por el proceso de transporte y distribución por calentamiento natural de los equipos instalados en la red, como transformadores y conductores, que transportan la energía eléctrica desde los centros de generación hasta los abonados finales.

La defraudación del fluido ocasiona que la empresa comercializadora compre más energía para satisfacer la demanda, lo que aumenta los costos, los usuarios que se conectan clandestinamente no realizan un uso adecuado del servicio.

Sistema de medición centralizada para la reducción de pérdidas eléctricas con enfoque “*Smart Grid*”

La industria eléctrica está cada vez más llamada a una transformación: una evolución de una red centralizada a una más derivada que exija una mayor interacción por parte del consumidor. Aquí es donde entran en juego las Smart Grid, o redes inteligentes, que prometen cambiar el modelo de negocio y su relación con todos sus integrantes, desde las eléctricas al consumidor final ².

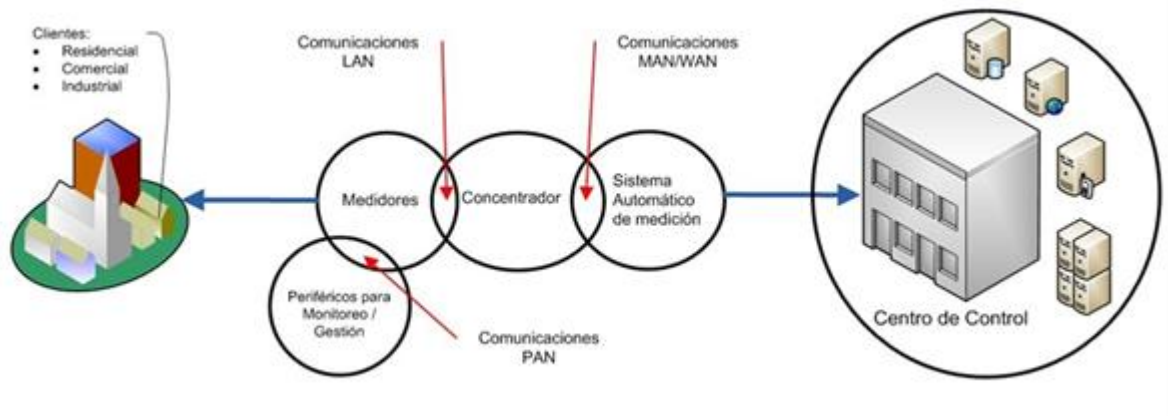
El sistema de medición centralizada permite realizar seguimiento en tiempo real sobre el consumo de energía eléctrica, vigilar la manipulación de equipos y gestionar la conexión de los clientes del servicio de energía eléctrica, es un sistema remoto el cual se compone de un software que se instala en un centro de control, cuenta con sus propios transformadores de distribución y cajas de control de usuarios, generalmente para la comunicación se utiliza tecnología PLC (Power Communication Line) es decir que la señal de comunicación viaja por la red de energía.

El sistema sirve para la detección de las pérdidas de energía eléctrica, conexión y desconexión de servicios, lectura remota de consumos, gestión de alarmas e intentos de fraude en la medición.

Para un sistema inalámbrico se instala un módulo de medida de espejo con la medida tradicional del cliente, este módulo se comunica de manera inalámbrica a un equipo recolector de parámetros eléctricos, ubicado en el transformador de distribución, que a su vez utiliza una comunicación celular o de microondas y envía los datos a un servidor central para su análisis y gestión.

² Fuente: Novelec - Artículo Web.

Figura 6. Sistema de medida centralizada.



Fuente: Google Maps

- **Sistema de Limitación de corriente**

El sistema de limitación de corriente es un sistema inalámbrico que funciona con el principio (Smart Grid), se diferencia de esta tecnología en el sentido de que electrónicamente se realiza intervención de la corriente, es decir, el sistema tiene la capacidad de controlar la corriente que le llega al cliente, por ejemplo, si a un usuario le colocan 10 Amperios y conecta equipos o electrodomésticos que superan esa corriente, el sistema lo desconecta y debe eliminar la causa, hasta tanto no lo realice, estará sin energía. Sirve para hacer control en transformadores de distribución, delimitando la carga total para un grupo de usuarios.

Esta tecnología se implementó por primera vez en la ciudad de Cali en el año 2007 en la empresa de servicios públicos EMCALI E.I.C.E E.S.P, Actualmente se utiliza para el control de usuarios en Zonas Especiales (Asentamientos Humanos de Desarrollo Incompleto (AHDl), Zonas de Difícil Gestión y Áreas Rurales de Menor Desarrollo).

- **Sistemas de Generación de Energía Eléctrica**

- Tipos de generación de energía eléctrica

La generación de energía eléctrica para ser usada tanto en el ámbito doméstico como industrial se genera en plantas o estaciones de generación eléctrica que actúan como otra industria con la salvedad que éstas tienen como fin la generación y distribución de energía eléctrica.

Estas estaciones eléctricas pueden estar configuradas de acuerdo con el tipo de fuente que utilizan para la generación eléctrica, así no tendrán la misma

configuración una planta de ciclo combinado de gas que una planta hidroeléctrica en la que la fuente utilizada es la energía cinética aportada por saltos de agua.

Este tipo de plantas de generación eléctrica tienen sus instalaciones alejadas de los centros urbanos por motivos de seguridad, debido a la necesidad de eliminación de residuos ocasionados en su actividad y al gran espacio que necesitan para su implantación, no disponible junto a centros urbanos.

El hecho de que la energía eléctrica generada en estas plantas se encuentre a gran distancia de los centros de distribución de los núcleos urbanos requiere que la energía generada deba tener una potencia suficiente para que pueda distribuirse sin problemas de pérdidas y falta de potencia.

- **Qué tipos de centrales eléctricas existen.**

Las centrales eléctricas que existen pueden variar de un tipo a otro en función del combustible utilizado como energía primaria. Los tipos de fuente energética más ampliamente usados en las centrales eléctricas son de tipo térmico, hidráulico y nuclear.

- **Centrales Eléctricas Térmicas.**

Dentro de este tipo de centrales tenemos las plantas energéticas accionadas mediante el calor proporcionado quemando carbón. Este tipo de fuente energética convencional utilizado desde un principio para generar corriente eléctrica utiliza el calor generado para calentar agua hasta producir vapor de agua, este vapor hace girar una turbina de vapor, la cual hace girar un alternador a través del cual se genera energía eléctrica.

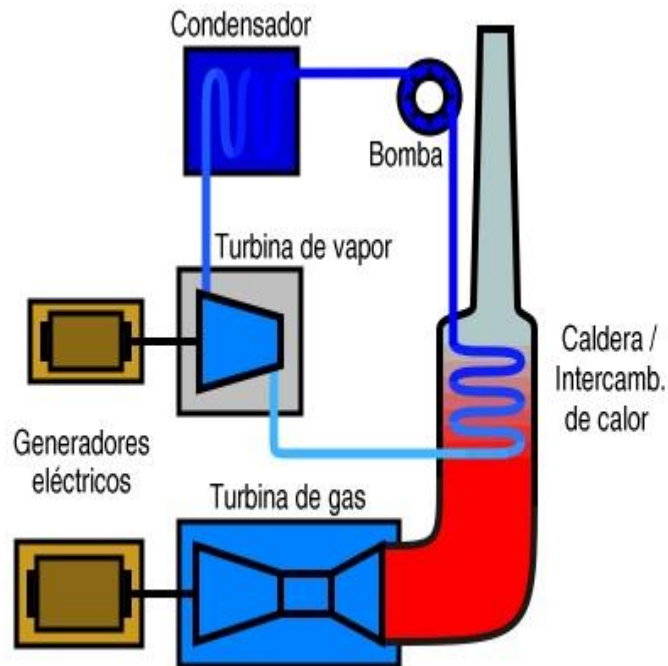
Dentro de este tipo de centrales térmicas tenemos las centrales térmicas convencionales en las que la fuente de energía primaria utilizada es un combustible fósil, como puede ser el gas, el carbón o un derivado del petróleo.

Al quemar estos combustibles se produce energía térmica que a su vez genera vapor de agua el cual es utilizado para mover una turbina, transformando esta energía térmica y mecánica en corriente eléctrica.

En las centrales térmicas de ciclo combinado el combustible utilizado es el gas, el cual es utilizado para generar calor en un primer ciclo y en un segundo produce el giro de la turbina al igual que en las centrales convencionales.

Dentro de este tipo de centrales podemos añadir las centrales termoeléctricas solares, cuyo combustible primario es la biomasa o de residuos sólidos urbanos, las cuales utilizan el mismo esquema de funcionamiento que las anteriores.

Figura 7. Esquema de funcionamiento de una Central Térmica.



Fuente: Google Maps

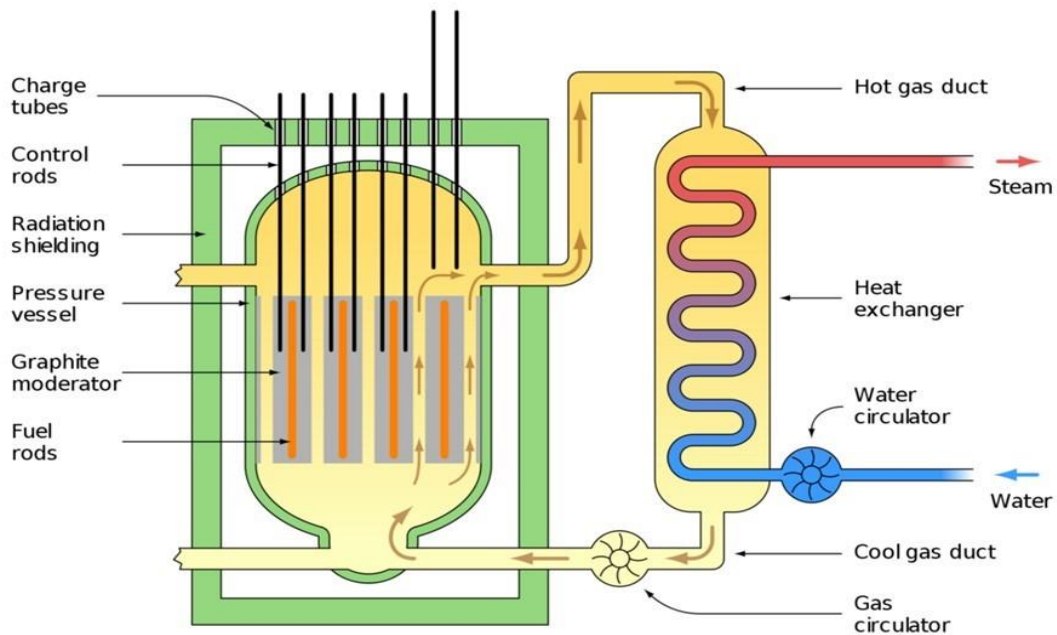
- Centrales Eléctricas Nucleares.

El esquema de funcionamiento de este tipo de centrales eléctricas es similar al de las centrales térmicas, aquí los elementos utilizados como combustible lo constituyen elementos radiactivos como el uranio, el plutonio, etc., en lugar del gas, carbón y otros combustibles fósiles. El lugar donde se produce la combustión en las centrales térmicas recibe el nombre de caldera, en este tipo de centrales recibiría el nombre de reactor nuclear.

La energía generada en las centrales nucleares es conseguida mediante la fusión controlada de los elementos radiactivos dentro del reactor nuclear.

En este proceso es creada una gran cantidad de energía térmica, la cual es utilizada para calentar agua, cuyo vapor mueve una turbina que a su vez hace girar un alternador convirtiendo esta energía mecánica en energía eléctrica, similar al proceso utilizado en las centrales térmicas.

Figura 8. Esquema de funcionamiento de una central nuclear.



Fuente: Google Maps

- Centrales Hidroeléctricas.

En las centrales hidroeléctricas la energía primaria utilizada para generar electricidad es la energía cinética almacenada en el agua en movimiento, lo que constituye un tipo de energía renovable.

Aquí es aprovechado el desnivel que presenta el agua como por ejemplo en embalses, ríos o mediante el movimiento que presenta el agua del mar, para accionar turbinas hidroeléctricas, las cuales se conectan al eje de un alternador, generando esta diferencia de potencial y con ello la corriente eléctrica, al igual que las anteriores centrales eléctricas.

Según el estado del agua empleada una central hidroeléctrica puede ser de agua fluyente, sirviéndose para su cometido de la fuerza natural de un río para generar energía eléctrica, o de embalse, las cuales precisan de tuberías de alta presión para conseguir la energía hidráulica del agua en reposo. Estas últimas son más costosas que las primeras, pero a la vez más útiles pues se puede obtener energía de ellas durante todo el año, por lo que es el modelo de central hidroeléctrico más utilizado

Otra manera de hacer distinción entre una central hidroeléctrica y otra es según la altura de la caída del agua. Cuando esta tiene una altura de más de 200 metros de

caída se considera una central de alta presión. Los metros de altura a los cuales se puede obtener energía del agua pueden descender hasta 4 considerándose a estas centrales como de muy baja presión y siendo equipadas con el mejor equipamiento técnico para conseguir los mismos resultados que con las de

Figura 9. Central Hidroeléctrica.



Fuente: Electrical .com.

Figura 10. Producción de energía eólica.



Fuente Google Maps

- Parques eólicos marinos

Los parques eólicos situados en el mar, conocidos internacionalmente como Offshore, son una forma cada vez más utilizada de aprovechar la energía renovable del viento, si bien todavía se encuentra en una fase de desarrollo. Podemos subrayar el hecho que sólo dos países de la Unión Europea hasta la actualidad hayan apostado fuertemente por la implantación de los parques eólicos marinos, estos países son Reino Unido y Dinamarca, este fue el país europeo

pionero en poner en pleno funcionamiento esta forma de obtener energía en el año 1996. El Plan Energético danés tiene como objetivo alcanzar 4.000 megavatios de energía eólica offshore en 2030.

Figura 11. Parque Eólico.



Fuente Google Maps

- Sistemas de Generación de Energía Geotérmica ²

La energía geotérmica es la que se almacena en forma de calor por debajo de la superficie sólida de la tierra, sin embargo, el calor contenido en rocas y suelos es demasiado difuso para ser extraído directamente en forma económica, siendo necesario disponer de un fluido, generalmente agua para transportar el calor hacia la superficie en forma concentrada mediante sondeos, sondas geotérmicas, colectores horizontales o mediante intercambiadores de calor tierra aire enterrados a poca profundidad en el subsuelo.

El calor terrestre es una fuente duradera para la producción de calor y electricidad que no depende de las condiciones climatológicas, de la estación anual, del momento del día ni del viento, la diversidad de temperaturas de los recursos geotérmicos permite un gran número de posibilidades de utilización. La energía geotérmica representa un respuesta local, ecológica y eficiente para reducir costos energéticos.

Los recursos geotérmicos de alta temperatura (más de 100-150°C) se utilizan para generar energía eléctrica, mientras que aquellos con temperaturas menores son óptimos para los sectores industrial, servicios y residencial.

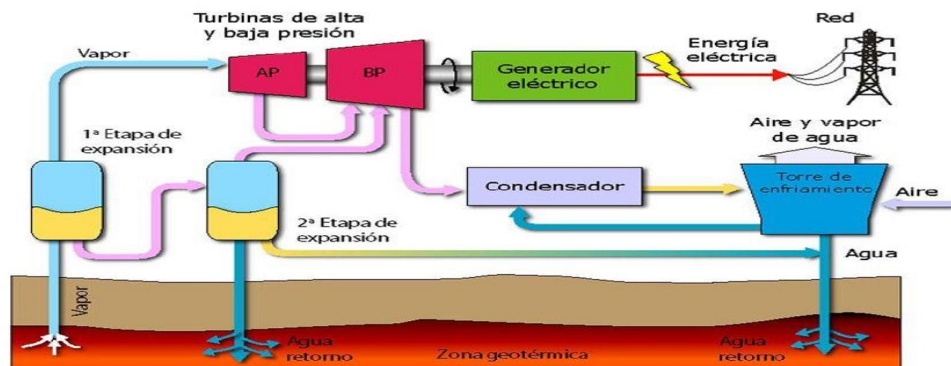
Colombia tiene un tesoro en bruto que explotar. El país cuenta con 13 volcanes activos donde las altas temperaturas que emanan de la tierra suponen un enorme potencial a la hora de desarrollar proyectos de energía geotérmica. Conscientes de ello, los gobiernos de Colombia y Ecuador proponen un proyecto para obtener

² Guía de energía Geotérmica, Guillermo Trillo, Vicente Rodrigo Angulo, escuela técnica superior de Madrid.

energía eléctrica a partir de tres volcanes fronterizos: Chiles, Tufiño y Cerro Negro, una iniciativa que podría llegar a producir hasta 150 megavatios de una forma limpia y respetuosa con el medio ambiente.

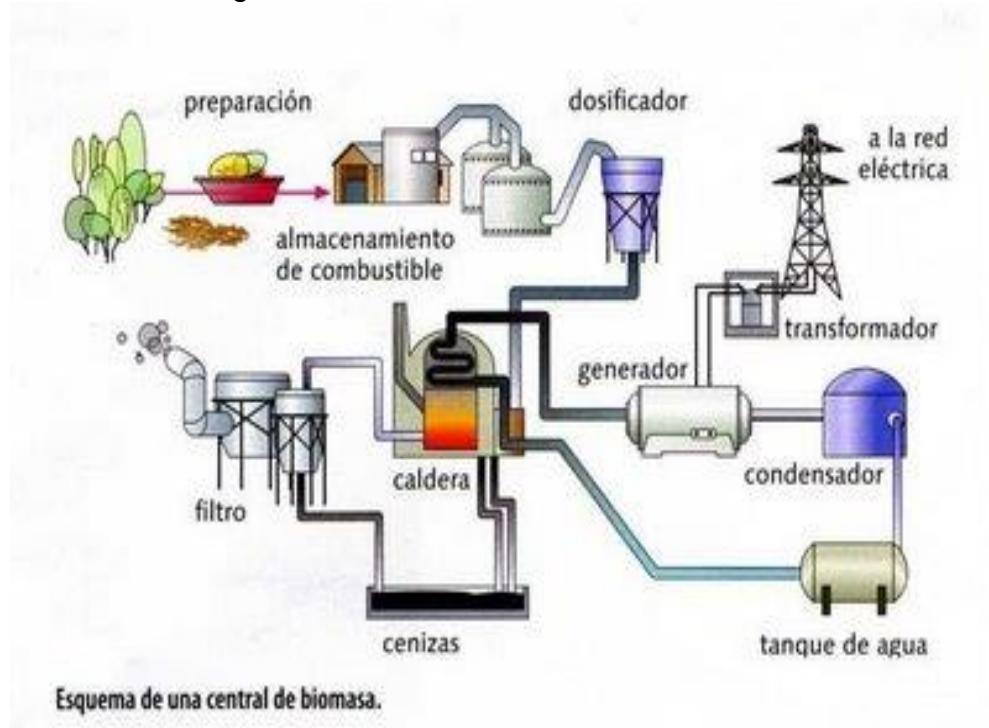
Figura 12. Central Geotérmica.

Esquema de Central Geotérmica



Fuente: Google Maps

Figura 13. Central de generación eléctrica con Biomasa.



Fuente: Google Maps

La energía eléctrica en una central de generación con Biomasa se puede producir mediante un proceso de gasificación o combustión y obtener potencias hasta de 50 MW. Las centrales de Biomasa utilizan recursos biológicos, el funcionamiento de la Central con Biomasa es el siguiente:

- En primer lugar, el combustible principal de la instalación y los residuos forestales se almacenan en la central. Allí se tratan para reducir su tamaño, si fuera necesario.
 - A continuación, pasa a un edificio de preparación del combustible, donde se clasifica en función de su tamaño y finalmente se llevan a los correspondientes almacenes.
 - Seguidamente son conducidos a la caldera para su combustión, eso hace que el agua de las tuberías de la caldera se convierta en vapor debido al calor.
 - El agua que circula por las tuberías de la caldera proviene del tanque de alimentación, donde se precalienta mediante el intercambio de calor con los gases de combustión aún más lentos que salen de la propia caldera.
 - Del mismo modo que se hace en otras centrales térmicas convencionales, el vapor generado a la caldera va hacia la turbina de vapor que está unida al generador eléctrico donde se produce la energía eléctrica que se transportará a través de las líneas correspondientes.
 - El vapor de agua se convierte en líquido en el condensador y desde aquí es nuevamente enviado al tanque de alimentación cerrándose así el circuito principal agua-vapor de la central.
-
- **Sistemas Fotovoltaicos** ³¹

La tecnología solar fotovoltaica (FV) consiste en la conversión directa de la radiación del Sol en electricidad, esta conversión se realiza a través de la célula solar, unidad básica en la que se produce el efecto fotovoltaico. Este proceso de generación de electricidad renovable no contamina, no emite gases nocivos, su mantenimiento es mínimo y no genera ruidos molestos. La tecnología fotovoltaica es totalmente confiable y su instalación en residencias e industrias es sencilla.

La energía solar fotovoltaica está indicada para un amplio abanico de aplicaciones donde se necesite generar electricidad, bien sea para satisfacer las necesidades energéticas de aquellos que no disponen de la red eléctrica (sistemas fotovoltaicos autónomos) o bien para generar energía a la red eléctrica (sistemas conectados a la red).

Se puede realizar una primera clasificación de los sistemas fotovoltaicos en función de si están o no conectados a la red eléctrica convencional:

³ CIEMAT – Miguel Alonso Abella, departamento de energías renovables, Madrid

- *Sistemas Fotovoltaicos autónomos*, aquellos que están aislados de la red eléctrica.
- *Sistemas conectados a la red*, son aquellos que están directamente conectados a la red eléctrica.

Una de las principales características de los generadores fotovoltaicos, que lo diferencia de otras fuentes de energía renovable, es que únicamente producen electricidad cuando reciben la luz del Sol (irradiancia solar) y además la cantidad de energía que generan es directamente proporcional a la irradiancia solar que incide sobre su superficie.

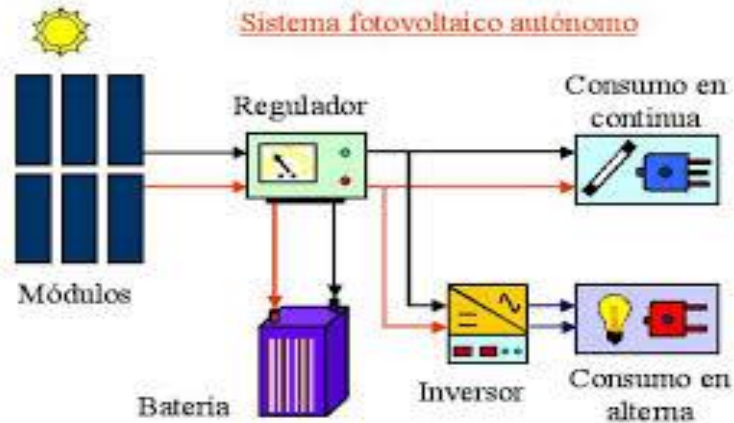
- *Sistemas fotovoltaicos autónomos*

La energía eléctrica producida a partir de la conversión fotovoltaica se utiliza para cubrir una determinada demanda eléctrica en lugares remotos aislados de la red eléctrica, donde resultan competitivos con los sistemas convencionales, tanto en términos económicos como de fiabilidad de suministro.

Los sistemas aislados captan la energía solar mediante paneles solares fotovoltaicos y almacenan la energía eléctrica generada por los mismos en baterías.

Utilizando sistemas de este tipo es posible disponer de electricidad en lugares alejados de la red de distribución eléctrica, se abastece de electricidad a instalaciones ganaderas, casas de campo, refugios de montaña, sistemas de iluminación o balizamiento.

Figura 14. Sistema fotovoltaico autónomo.



Fuente: Google Maps

Los sistemas fotovoltaicos autónomos se componen de módulos o paneles solares, un regulador, baterías, inversor y la carga en DC o consumo en continua o AC consumo en alterna.

- Sistemas conectados a red

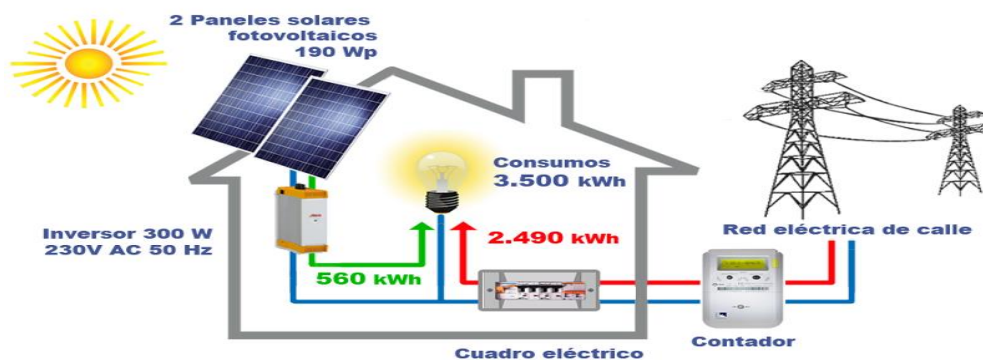
En ellos la energía eléctrica generada se inyecta directamente a la red de distribución eléctrica. En la actualidad las compañías distribuidoras de energía eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por las centrales fotovoltaicas.

El precio de esta energía también está regulado por la ley, de forma que se incentiva la producción de electricidad solar, estas instalaciones son amortizables entre 8 y 10 años.

Este tipo de centrales fotovoltaicas pueden ir desde pequeñas instalaciones de 1 a 5 kw en nuestra terraza o tejado a instalaciones de hasta 100 kw sobre cubiertas de naves industriales o en suelo, e incluso plantas de varios megavatios.

Actualmente se están desarrollando las llamadas *huertas solares*, que consisten en la agrupación de varias instalaciones de distintos propietarios en suelo rústico. Estas instalaciones pueden ser fijas o con seguimiento, de manera que los paneles fotovoltaicos están gobernados por unos controladores que se mueven siguiendo el recorrido del sol para optimizar la producción de electricidad, es evidente que esta tecnología tiene aún mucho recorrido.

Figura 15. Sistema solar fotovoltaico conectado a red.



Fuente: Google Maps

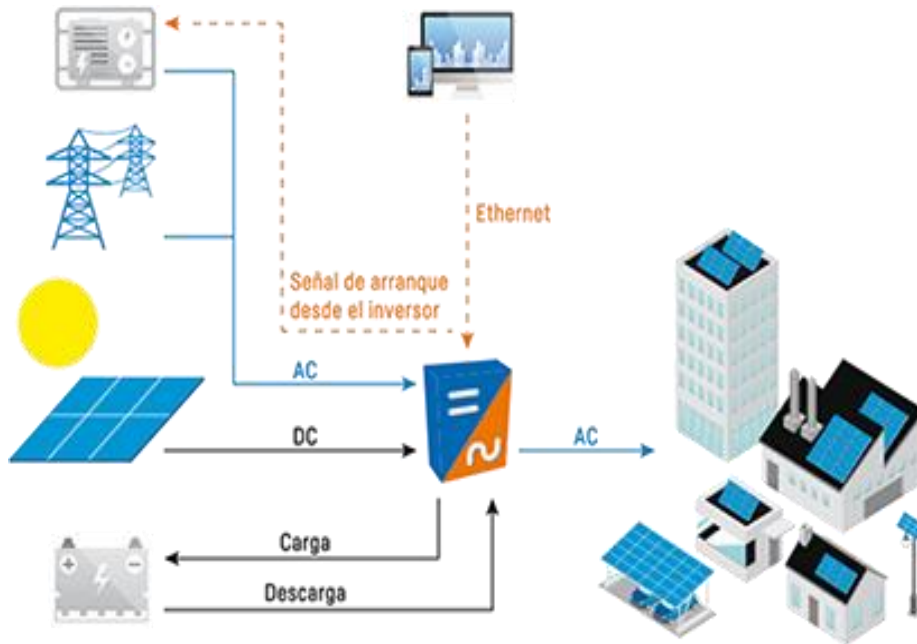
El sistema solar fotovoltaico conectado a la red de energía de la empresa distribuidora se compone principalmente de los paneles solares, inversor,

regulador, medidor para el registro de la energía que entra y sale del usuario del servicio, la carga y el sistema de red del distribuidor de energía.

- Sistemas híbridos de energía solar fotovoltaica

Este sistema se combina las tecnologías anteriores (Sistema aislado y conectado a la red), pero el inversor es para un sistema híbrido, existen modelos con el MPPT, el inversor dispone de un software de programación avanzada donde se configuran los parámetros requeridos.

Figura 16. Sistema solar fotovoltaico híbrido.



Fuente Google Maps

En ellos la energía eléctrica generada se inyecta directamente a la red de distribución eléctrica. En la actualidad las compañías distribuidoras de energía eléctrica están obligadas por ley a comprar la energía inyectada a su red por las centrales fotovoltaicas.

El precio de esta energía también está regulado por ley, de forma que se incentiva la producción de electricidad solar, estas instalaciones son amortizables entre 8 y 10 años, pero este tiempo puede variar acorde a los incentivos tributarios de cada País.

Este tipo de centrales fotovoltaicas pueden ir desde pequeñas instalaciones de 1kw a 5 kw en nuestra terraza o tejado, a instalaciones de hasta 100 kw sobre cubiertas de naves industriales o en suelo, e incluso plantas de varios megavatios.

Actualmente se están desarrollando las llamadas *huertas solares*, que consiste en la agrupación de varias instalaciones de distintos propietarios en suelo rústico. Estas instalaciones pueden ser fijas o con seguimiento, de manera que los paneles fotovoltaicos están gobernados por unos controladores que se mueven siguiendo el recorrido del sol para optimizar la producción de electricidad, es evidente que esta tecnología tiene aún mucho recorrido. El sistema solar fotovoltaico conectado a la red de energía de la empresa distribuidora se compone principalmente de los paneles solares, inversor, regulador

- **Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER)**

Son aquellos recursos de energía renovable disponibles a nivel mundial que son ambientalmente sostenibles, pero que en el país no son empleadas o son utilizadas de manera marginal y no se comercializan ampliamente.

Se consideran **FNCER** la biomasa, los pequeños aprovechamientos hidroeléctricos, la eólica, la geotérmica, la solar y los mares. Otras fuentes podrán ser consideradas como **FNCER** según lo determine la **Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)**.

PVgd h, m, n, i, j = **PB** h, m + Beneficios

Beneficios = $0.5 \cdot (R_{m-1, i} + P_{n, m-1, i, j})$

PVgd h, m, n, i, j: Precio de venta de la generación distribuida en la hora (h) del mes (m) en el nivel de tensión (n) al comercializador (i) en el mercado de comercialización (j), en \$/KWh.

PB: Precio de bolsa \$/kwh el cual no supera el precio de escasez o precio máximo de venta.

Rr: Costo de restricciones del sistema.

P: Pérdidas técnicas reconocidas.

Artículo 17. Reconocimiento de excedentes de AGPE que utiliza FNCER.

Al cierre de cada periodo de facturación, los excedentes se reconocerán como créditos de energía al AGPE que utiliza FNCER de acuerdo con las siguientes reglas:

1. Para capacidad instalada menor o igual a 0,1 MW:

a) Los excedentes que sean menores o iguales a su importación serán permutados por su importación de energía eléctrica de la red en el periodo de facturación.

Por estos excedentes, el comercializador cobrará al AGPE por cada kWh el costo de comercialización que corresponde al componente $C_{v_{m,i,j}}$ de la Resolución 119 de 2007 o aquella que la modifique o sustituya.

b) Los excedentes que sobrepasen su importación de energía eléctrica de la red en el periodo de facturación, se liquidarán al precio horario de bolsa de energía correspondiente.

2. Para AGPE con capacidad mayor a 0,1 MW

a) Los excedentes que sean menores o iguales a su importación serán permutados por su importación de energía eléctrica de la red en el periodo de facturación.

Por estos excedentes, el comercializador cobrará al AGPE por cada kWh el costo de comercialización el cual corresponde a la variable $C_{v_{m,i,j}}$ y el servicio del sistema como la suma de las variables T_m , $D_{n,m}$, $PR_{n,m,i,j}$ y $R_{m,i}$; en ambos casos definidos en la Resolución 119 de 2007 o aquella que la modifique o sustituya. En el caso de usuarios no regulados, estas variables corresponden a las pactadas entre las partes.

b) Los excedentes que sobrepasen su importación de energía eléctrica de la red en el periodo de facturación, se liquidarán al precio horario de bolsa de energía correspondiente.

Parágrafo. En los días en que exista periodo crítico se entiende que el precio de bolsa de energía aplicable es el precio de escasez ponderado de ese día según se define en la Resolución CREG 071 de 2006.

Artículo 18. Información al usuario AGPE por la entrega de excedentes.

Comercializador que recibe energía de un AGPE es el responsable de la liquidación y la facturación, incorporando información detallada de consumos, exportaciones, cobros, entre otros, según corresponda de acuerdo con los lineamientos.

El comercializador tiene la obligación de informar en cada factura, de manera individual, los valores según el segmento a que corresponda, de acuerdo con las distintas valoraciones de los excedentes o créditos que se indican a continuación:

a) Para AGPE que utilizan FNCER con capacidad instalada menor o igual a 0,1 MW:

$$VE = (Exp1 - Imp) * CU - (Exp1 * C) + (Exp2 * PB).$$

b) Para AGPE que utilizan FNCER con capacidad instalada mayor a 0,1 MW:

$$VE = (Exp1 - Imp) * CU - (Exp1 * (T + D + C + Pr + R)) + (Exp2 * PB).$$

- **Normatividad FNCER**

Ley 1715 de 2014: 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. Así mismo, autoriza la entrega de excedentes de energía por parte de los autogeneradores y le otorga a la CREG la facultad para establecer los procedimientos, para la conexión, operación, respaldo y comercialización de la energía de la autogeneración distribuida.

Para efectos de comercialización de los excedentes de energía, el comercializador está obligado a comprarle la energía al generador distribuido.⁴

Decreto 2143 de 2015: Este decreto único define los lineamientos para la aplicación de incentivos definidos en la Ley 1715 de 2014.

Resolución 045 de 2016: de la UPME. Resolución 143 de 2016. Resolución 520 de 2007. Resolución 638 de 2007. Estas resoluciones establecen los lineamientos y formatos para la registrar los proyectos ante la UPME, que busquen unirse al Sistema Interconectado Nacional.

Resolución 030 de febrero 25 de 2018 de la CREG, Ministerio de Minas y Energía, por la cual se regulan las actividades de autogeneración a pequeña escala y de generación distribuida en el sistema interconectado nacional.

Decreto 111 de 2012: Para las Zonas Especiales (Zonas de Difícil Gestión, Barrios subnormales, áreas rurales de menor desarrollo), reglamenta el subsidio FOES, Esquemas diferenciales de prestación del servicio en Zonas Especiales y el suscriptor comunitario.

Acuerdo 0411 de 2017: Por el cual se adopta la política de mejoramiento integral del hábitat de los Asentamientos Humanos Precarios de Santiago de Cali y se dictan otras disposiciones.

Ley 1783 de 2017, artículo 114: Esta ley establece que los usuarios de los estratos 1 y 2 tendrán derecho al subsidio de energía siempre y cuando el consumo total del usuario no exceda en un 50% el consumo básico o de subsistencia definido por el Gobierno Nacional, el cual se ha definido en 173 (kwh-mes) para usuarios que están por debajo de los 1000 m de altura sobre el nivel del mar y de 130 (kwh – mes), para aquellos que estén por encima de los 1000 sobre el nivel del mar.

⁴ Resolución 030 del 26 de febrero de 2018 - CREG.

Para Cali y Puerto Tejada y acorde a las tarifas de EMCALI, se ha fijado en 184 (kwh-mes) y para Yumbo en 138 (kwh-mes), para usuarios de barrios subnormales o Zonas Especiales. La tabla 3 nos muestra la clasificación.

Tabla 3. Tarifas de energía EMCALI agosto 2019.

TARIFAS DE ENERGÍA								Estamos progresando juntos	
Mercado Regulado								EMCALI	
TARIFAS DE ENERGÍA DE EMCALI EICE E.S.P. PARA EL MERCADO REGULADO APLICABLES A CONSUMOS DEL MES :									agosto-19
SECTORES RESIDENCIAL Y NO RESIDENCIAL-Sin Contribución (CU en \$/kWh) - RESOLUCIONES CREG 119-2007, 097-2008, 116 y 167-2009, 152-2018, 180-2014, 191-2014, 079-2016 y LEY 1940-2018. PADMR=4,12% aplica desde Mayo 2019. Costo Base de Comercialización Cb= 6.4311 \$/factura; Cvm= 43.7561 \$/kwh. Agosto 2019									
CALI, YUMBO Y PUERTO TEJADA									
TARIFAS PARA SECTOR RESIDENCIAL (\$/kWh) - NIVEL DE TENSIÓN 1 (Estratos 5 y 6 con Contribución) ; CUv = Gm+Tm+Drum+Cvm+PRm+Rm									Com. e Ind.
Estratos	1		2		3		4	5 y 6	Nivel 1
(kWh/Mes)	1-CS	> CS	1-CS	> CS	1-CS	> CS	Todo consumo		
Sencilla I (A)	234,4798	539,4315	293,0998	539,4315	456,5168	539,4315	539,4315	647,3178	647,3178
Sencilla I (C)	221,9585	509,8712	277,4481	509,8712	433,3906	509,8712	509,8712	611,8455	611,8455
MONOMIAS HORARIAS		Nivel 1 (A)	Nivel 1 (C)	Nivel 2	Nivel 3	CONSUMOS DE SUBSISTENCIA PARA APLICACIÓN DE SUBSIDIOS:			
SENCILLA	Todas Horas: 0-24	539,4315	509,8712	438,7501	392,3990	Municipio	CALI	YUMBO	PTO. TEJADA
DOBLE HORARIA	Pico: 09-12, 18-21	531,8328	502,4047	432,5744	388,5191	A.S.N.M.	991	1000	968
	Fuera de Pico	526,1990	496,7709	427,4796	383,4395	C.S. E.1-2-3	173	130	173
HORARIA Y TRIPLE HORARIA	Máx: 09-12, 18-21	531,8328	502,4047	432,5744	388,5191	C.S. Z Subnor	184	138	184
	Méd: 4-9, 12-18, 21-23 Mín: 23-04	527,8518 521,9016	498,4237 492,4736	428,9743 423,5934	384,9298 379,5650	(A) Medición a Nivel 1, Transformador y Red baja tensión propiedad OR (C) Medición a Nivel 1 Transformador y Red baja tensión propiedad Cliente			
COMPONENTES DEL COSTO UNITARIO DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO (CUV) EN (\$/kWh)							agosto-19	CS:184 kWh Cali y Pto. Tejada(Subnormales)	
Nivel Tensión	Gm	Tm	PRm	DRm	Rm	Cvm	CUv (Aplicado)	1-CS	> CS
1 (A)	219,0343	33,2213	41,1564	173,9594	28,3040	43,7561	539,4315	190,7159	438,7501
1 (C)	219,0343	33,2213	41,1564	144,3991	28,3040	43,7561	509,8712	CS:138 kWh Yumbo (Subnormales)	
2	219,0343	33,2213	12,7092	101,7252	28,3040	43,7561	438,7501	1-CS	> CS
3	219,0343	33,2213	11,9045	56,1788	28,3040	43,7561	392,3990	190,7159	438,7501
Resolución UPME-0355 de Julio 88 de 2004. CS = 173 kWh-mes para Municipios a una altura inferior a 1000 metros sobre el nivel del mar.									
Año 2008: CS: Consumo de Subsistencia: CS = 130 kWh-mes para Municipios a una altura igual o superior a 1000 metros sobre el nivel del mar.									
Resolución UPME-0013 de Enero de 2005, para ZONAS SUBNORMALES. CS = 184 kWh-mes para Municipios a una altura inferior a 1000 metros sobre el nivel del mar.									
Año 2008: CS: Consumo de Subsistencia: CS = 138 kWh-mes para Municipios a una altura igual o superior a 1000 metros sobre el nivel del mar.									
LA DIRECCIÓN DE COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA LE OFRECE ASESORÍA TÉCNICA Y COMERCIAL EN FORMA PERSONALIZADA. Avenida 2 NORTE 7N-45 CALI, PISO 9o, Teléfonos 899 72 06 - 899 76 23 de Cali.									

Fuente: EMCALI

Evaluación Financiera: Evaluación con fines de lucro, o de tipo empresarial, que tiene por objeto medir la eficiencia del capital social aportado para financiar un proyecto. Se le denominará indistintamente como evaluación financiera, evaluación del capital social o evaluación del empresario. Se hablará de evaluación financiera cuando: “el empresario centra su principal interés en determinar la rentabilidad del Capital Social”.

Evaluación Económica: Al igual que la evaluación financiera, su objetivo es de lucro de tipo empresarial y su propósito consiste en medir la eficiencia de la inversión involucrada de un proyecto. Es decir, incluye tanto la eficiencia de los recursos propios (capital social) como de los recursos obtenidos de créditos o préstamos.

Además de calcular la evaluación financiera, se considera que es conveniente preparar un análisis de rentabilidad no sólo del capital social, sino de la inversión total (capital social más préstamos) (Jorge García Hoyos, UNAM 2008).

- **Metodología del Marco Lógico**

El marco lógico es una metodología que tiene el poder de comunicar los objetivos de un proyecto clara y comprensiblemente en un sólo marco o matriz. Su poder reside en que puede incorporar todas las necesidades y puntos de vista de los actores involucrados en el proyecto y su entorno.

El marco lógico es una herramienta que resume las características principales de un proyecto, desde el diseño e identificación (¿cuál es el problema?), la definición (¿qué debemos hacer?), la valoración (¿cómo debemos hacerlo?), la ejecución y supervisión (¿lo estamos haciendo bien?), hasta la evaluación (¿lo hemos logrado?).

- **Desing Thinking**

Es una metodología, creada por la Universidad de Stanford, es una herramienta para fomentar la innovación empresarial. Se ha venido implementando gradualmente en los últimos años en diferentes empresas como una forma de crear productos y servicios que tiendan a satisfacer en mejor manera las necesidades de los usuarios haciéndolos parte activa del proceso de creación. Se estructura en 6 pasos.

1. Entender el problema. En primer lugar, les toca entender el problema y desarrollar empatía ante el mismo.
2. Definir el problema e investigar.
3. Idear.
4. Crear el prototipo.
5. Probar el prototipo.
6. Presentar su solución

2.3 CONTRIBUCIÓN INTELECTUAL O IMPACTO DEL PROYECTO

El presente proyecto contribuye en primer lugar, en la identificación de falencias y debilidades del proceso para reducir pérdidas comerciales de energía en el Plan actual definido para las Zonas Especiales en el área de cobertura de EMCALI E.I.C.E E.S.P. por medio del análisis de indicadores y balance energético, realizando para ello un análisis comparativo con el modelo propuesto y poder presentar los avances en los diferentes comités de seguimiento de la gerencia.

En segundo lugar, el aporte más significativo es brindarle a EMCALI el planteamiento de una propuesta de mejora validada y enfocada en la reducción de las pérdidas comerciales de energía, contando con una hoja de ruta, herramientas de la ingeniería industrial que a futuro permitan su implementación y poder eliminar procesos que no agregan valor, aumentando los ingresos del negocio y

disminución de compra de energía para atender la demanda y permitir una mejor competitividad de la empresa en el mercado energético.

Este es un modelo de estructura a manera secuencial según la funcionabilidad de cada una de las herramientas. Por último, se recalca la importancia de fortalecer la cultura organizacional de manera transversal y horizontal acorde al Plan Estratégico de la empresa.

La propuesta del Modelo puede ser aplicado en otras empresas colombianas e incluso a nivel de Latinoamérica y del Caribe.

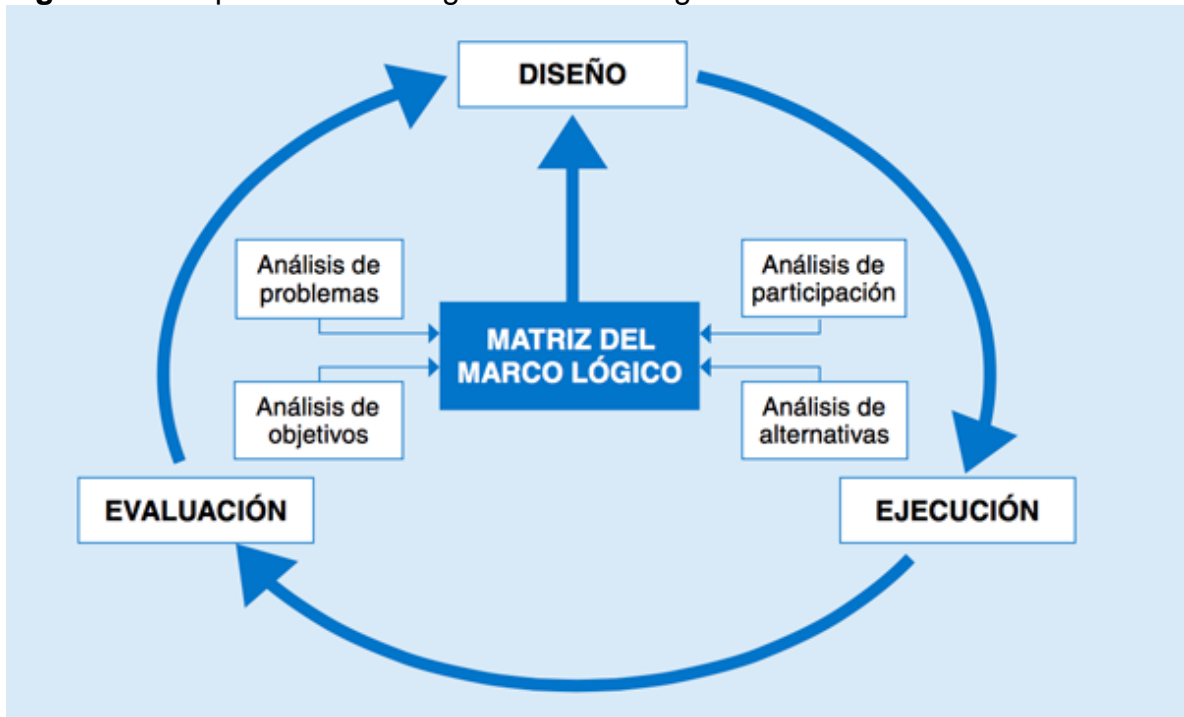
En tercer lugar, debemos recalcar la generación de empleo, el aporte a la reducción de emisiones de gas (CO₂), el mejoramiento de los ingresos de los usuarios de la Zona Especial, contribuyendo a una mejor calidad de vida.

Es importante aclarar que el Modelo propuesto solo aplica para Zonas Especiales en donde no existe riesgo ambiental o este es mitigable, para sectores en alto riesgo, solo existe una posibilidad y es la reubicación de los usuarios sitios ambientalmente seguros acorde al Plan de Ordenamiento Territorial (P.O.T).

CAPÍTULO IV. METODOLOGÍA

La investigación de este proyecto se estructura en la Matriz de Marco Lógico (MML), que es una metodología que facilita el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos. Su énfasis es centrado en la orientación por objetivos, la orientación hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y comunicación entre las partes interesadas ⁵. El trabajo se desarrollo con la información y mediciones realizadas en las Zonas Especiales del área de cobertura de EMCALI EICE ESP en lo referente a las pérdidas comerciales y se recopiló información de diferentes trabajos de grado sobre diseño de sistemas solares fotovoltaicos, su relación beneficio costo, se tomó información de la CREG sobre escenarios de comercialización de energía solar fotovoltaica y su reglamentación acorde a la ley 1715 de 2014. La estructura de la metodología de Marco Lógico (MML) ilustra en la siguiente figura.

Figura 17. Esquema Metodología de Marco Lógico.



Fuente: Preveniionar.com

⁵ Fuente: Cepal, "Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas". Edgar Ortigón, Juan Francisco Pacheco, Adriana Prieto. 2015.

Ya definido el problema debemos proceder a la aplicación de la metodología para desarrollar la propuesta del modelo.

- **Análisis de involucrados**

Los involucrados pertenecientes al presente proyecto provienen tanto de la Sociedad Civil, como del Sector Gobierno y del Sector Privado, a continuación, se describen.

- Usuarios de Zonas Especiales: Barrio Brisas de las Palmas
- Municipio: Alcaldía de Santiago de Cali
- Empresa: EMCALI E.I.C.E E.S.P
- Gobierno: Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG)
- Gobierno: Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME)
- Gobierno: Ministerio de Hacienda
- Usuarios fuera de las Zonas Especiales
- Proveedores
- Entidades Financieras

Una vez identificados los involucrados procedemos a darle su fuerza en el proyecto.

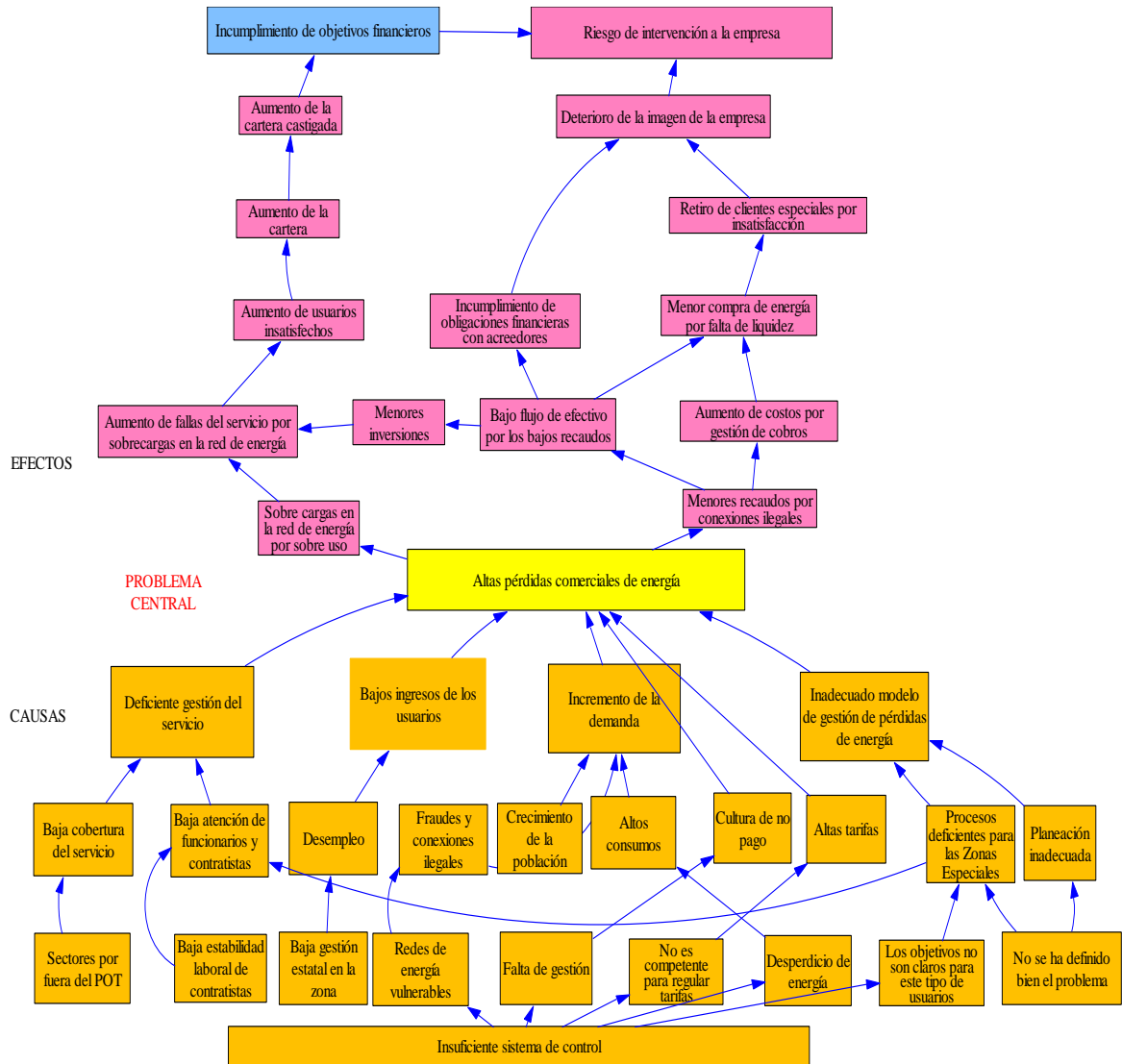
Tabla 4. Valoración de involucrados.

Involucrados	Expectativas	Fuerza	Resultado
Usuarios de Zonas Especiales	5	4	20
Alcaldía de Santiago de Cali	5	4	20
EMCALI E.I.C.E E.S.P	5	5	25
CREG	3	4	12
UPME	3	4	12
Ministerio de Hacienda	3	4	12
Usuarios fuera de Zonas Especiales	2	1	3
Proveedores	5	1	5
Entidades financieras	3	1	3

Fuente: Elaboración propia

- **Árbol de problemas**

Figura 18. Árbol de problemas Zonas Especiales

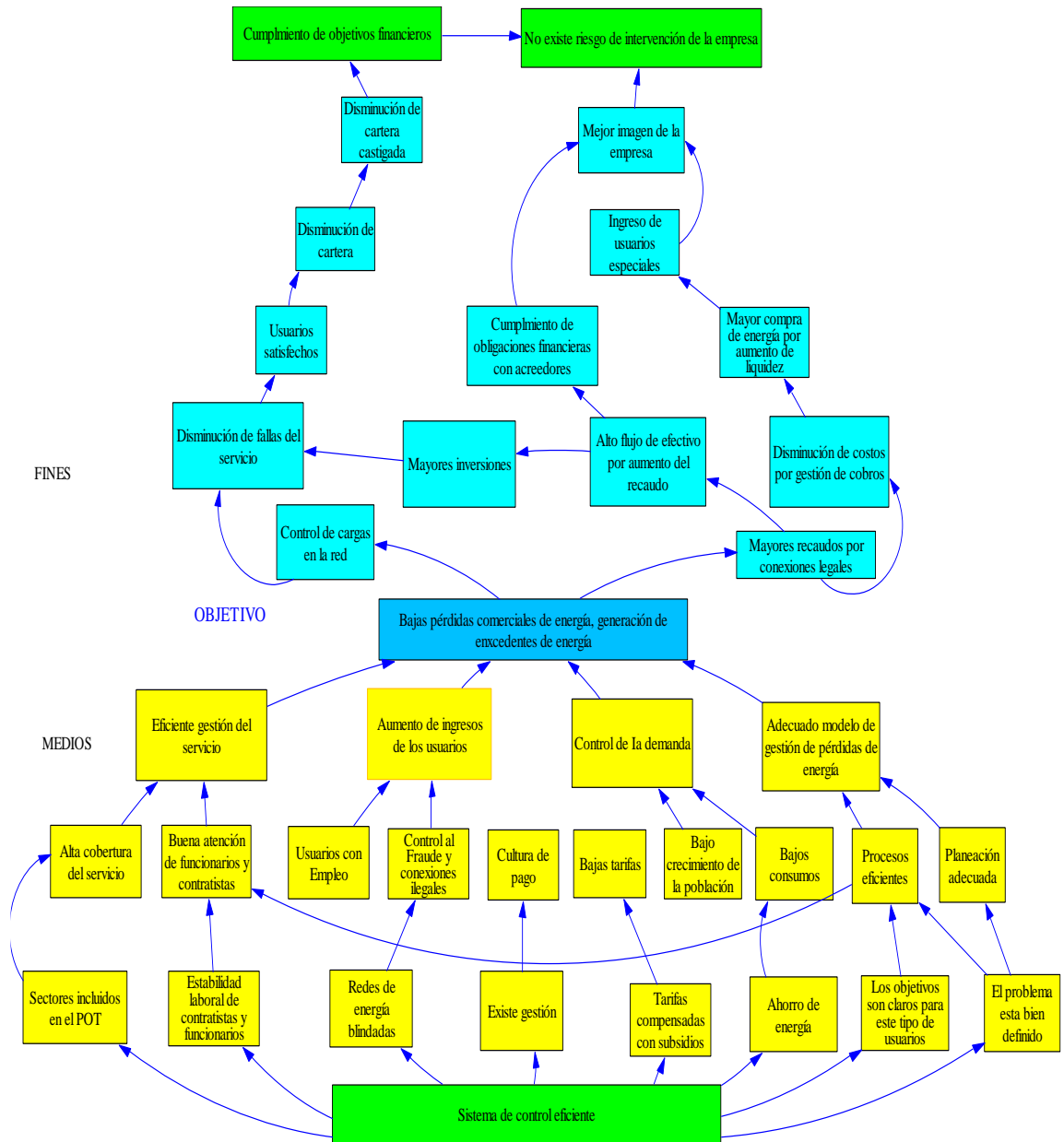


Fuente: Adaptada. CEPAL, Edgar Ortigón.

El árbol de problemas se encuentra entre las técnicas participativas de planificación, acorde con esta metodología las partes interesadas Comunidad, Gobierno y Empresa, se involucran en el proceso de identificar y analizar de manera conjunta sus necesidades, para el caso en particular es de gran importancia ya que la propuesta involucra de manera directa a las partes, esta técnica nos muestra el problema con sus causas y efectos.

○ **Árbol de Objetivos**

Figura 19. Árbol de objetivos Zonas Especiales



Fuente: Adaptada CEPAL., Edgar Ortegón.

El árbol de objetivos se relaciona con el árbol de problemas y se presenta como la solución al árbol de problemas.

- **Acciones e identificación de alternativas**

Se presentan las siguientes alternativas con el fin de lograr la que más se ajuste a la situación problemática.

- **Alternativa 1:** Propuesta de un modelo para reducir pérdidas comerciales de energía con un sistema solar fotovoltaico en Zonas Especiales del área de cobertura de EMCALI E.I.C.E E.S.P.
- **Alternativa 2:** Presentar un proyecto al programa de normalización de redes eléctricas PRONE. Para las Zonas Especiales en el área de cobertura de EMCALI E.I.C.E E.S.P.
- **Alternativa 3:** Presentar un programa de mejoramiento de redes eléctricas en las Zonas Especiales del área de cobertura de EMCALI E.I.C.E E.S.P.

- **Análisis de alternativas para selección de la solución óptima**

Alternativa 1: Se escogió la alternativa 1, ya que permite la reducción de pérdidas comerciales de energía, situación que se explica en el desarrollo de la propuesta. Pero además genera ingresos por la venta de energía.

Las alternativas 2 y 3 no generan ingresos para los usuarios y no garantizan la reducción de las pérdidas comerciales de energía porque no hay forma de controlar el consumo de energía.

CAPÍTULO V. RESULTADOS

5.1 DISEÑO

5.1.1 Tamaño del proyecto

Definido el problema y las alternativas, se plantea que la demanda estará contextualizada alrededor de los grupos de allegados organizados del barrio Brisas de las Palmas al oriente de la ciudad de Santiago de Cali, quienes han expresado su deseo de integrarse al proyecto con el fin de obtener ingresos, igualmente están de acuerdo en suscribir el Acuerdo Comunitario en donde se define los derechos y deberes de las partes.

- Población beneficiada: 568 usuarios
- Consumo total de energía: 103.800 (Kwh/m)
- Área disponible del proyecto: 20.000 m²
- Cantidad de paneles fotovoltaicos: 10.416
- Cantidad de inversores: 6
- Potencia total del sistema: 2.18 MW

5.1.2 Localización del proyecto

La foto satelital nos muestra al lado el centro educativo, La Zona Especial (Barrio Brisas de las Palmas), a Subestación Eléctrica de Agua Blanca de EMCALI E.I.C.E ESP y el Hospital Isais Duarte Cancino, es decir que el escenario de aplicación del proyecto es el ideal, teniendo en cuenta que se puede aumentar el área de instalación de los paneles solares y por su cercanía a la Subestación Eléctrica.

Figura 20 – Vista área del sector- Implementación del proyecto.



Fuente: Google Maps 2019.

Figura 21. Edificio No 1 Institución Educativa Isaías Duarte Cansino. Cali



Fuente: Elaboración propia

El proyecto consiste en una planta solar conectada a la red eléctrica, es decir, no se utilizará almacenamiento por medio de baterías, la cual estará al interior de la institución educativa ISAIAS DUARTE CANSINO con una potencia instalada de 2.18 MW y 10.416 paneles solares. La propuesta de instalación de los paneles solares en la institución educativa es debido a que las viviendas de la Zona Especial tienen problemas de tipo estructural, ya que no ofrecen seguridad al aumentar el peso que debe soportar la vivienda, otra razón fundamental es el tema de la seguridad y preservación de los equipos.

En la visita realizada al sitio propuesto para la implementación del proyecto de energía solar fotovoltaica, se pudo observar que en la institución educativa y su entorno, tienen un potencial grande para desarrollar este tipo de proyectos que benefician a la comunidad, la empresa y las instituciones oficiales.

La gran mayoría de las instituciones públicas de educación media y secundaria presentan cartera morosa por concepto de servicios públicos, Implementar un proyecto de este tipo resulta un gran alivio para las finanzas de los entes responsables y al generar ingresos permite aumentar las inversiones en el sector de la educación e incluso que los centros educativos se vuelvan autosostenibles.

La visita realizada a la institución Isaías Duarte Cancino, nos permitió observar de primera mano la estructura física y sus condiciones para ser elegida en la implementación del proyecto, en donde los recursos que se asignen para obra civil serían mínimos.

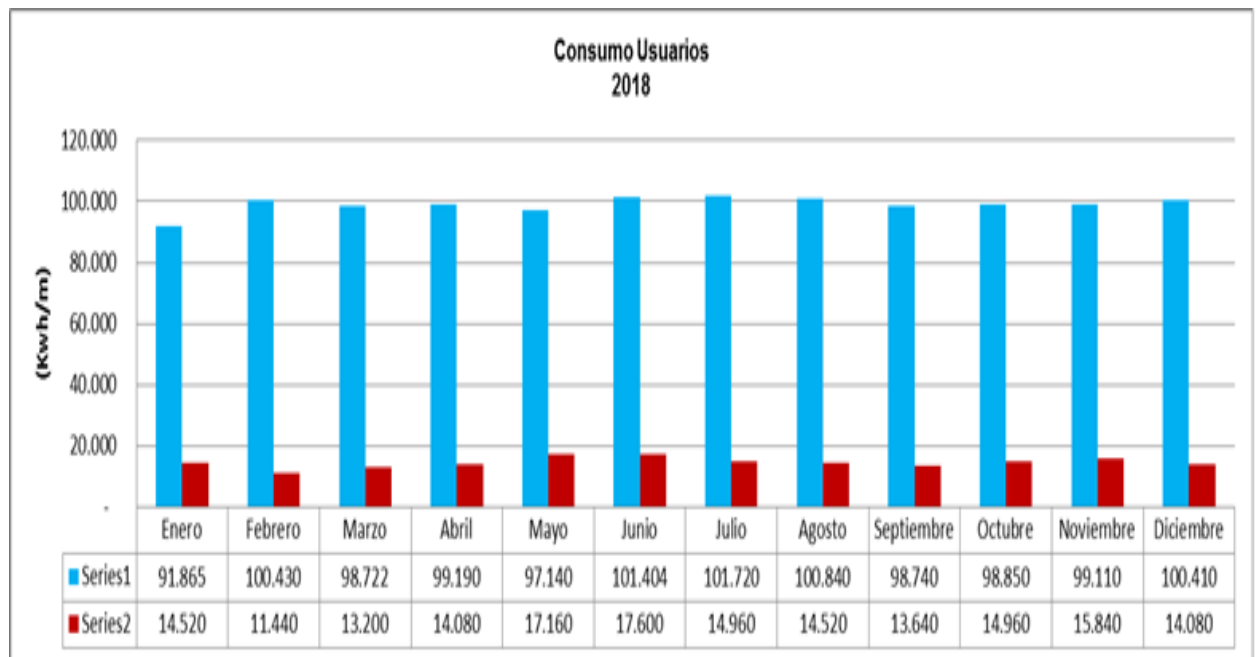
Figura 22. Institución educativa Isaias Duarte Cancino



Fuente: Elaboración propia

5.1.3 Evaluación económica del proyecto

Figura 23. Consumos mensuales de energía Zonas Especiales



Fuente: EMCALI 2018

5.1.3.1 Análisis financiero del proyecto⁵

La tabla 5 nos muestra los costos asociados a la implementación del sistema para generación de energía mediante paneles solares para un sistema con una potencia de 2.18 MW, se incluye la cotización de los materiales, la operación y puesta en marcha con los impuestos o aranceles iniciales, para el análisis financiero final se descuentan el 19% del IVA, el 50% de la renta y el 20% por depreciación acelerada, lo anterior acorde a los incentivos que entrega el gobierno por generación con energías renovables.

Tabla 5. Costos del SFV 2019.

COTIZACIÓN DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO CONECTADO A LA RED DE ENERGÍA						
Item	Elemento	Característica	Unidad	Valor unitario	Cantidad	Valor total
1	Panel solar policristalino	JIMKO SOLAR 280 W	Und	727.619	10416	7.578.875.317
2	Inversor de interconexión a red	500 KW Trifasico, 415 v - DM NB480-500KSZ	Und	207.462.710	6	1.244.776.260
3	Sistema de soportes para paneles	320 W	Und	123.932	10416	1.290.876.129
4	Cableado	DC con tubería 6 string x inversor	M	39.315	1640	64.476.570
5	Cableado en AC con tubería	3F-N-T	M	346.803	502	174.095.051
6	Controlador		Und	1.462.483	676	988.638.292
7	Contador bidireccional	Trifasico	Und	492.868	6	2.957.205
8	Protecciones eléctricas	Metal inoxidable	Und	11.506.824	6	69.040.944
OPERACIÓN Y PUESTA EN MARCHA						
9	Mano de Obra	Personal para puesta en marcha		1.343.000	14	18.802.000
10	Mantenimiento	Preventivo		3.377.053	17	57.409.897
11	Operador de Red	Entrega del proyecto para puesta en marcha		1.732.470	1	1.732.470
TOTAL CON IVA INCLUIDO						11.491.680.135
		Administración (5%)				6.665.496
		Imprevisto (2%)				2.666.198
		Utilidad(3%)				3.999.298
TOTAL DEL PROYECTO						11.505.011.127

Fuente: Tesis Universidad Santo Tomas

- **Costo total de la inversión**

La inversión total realizada en el proyecto SFV es de \$11.491.680.135, el valor del IVA 19% y los aranceles de importación se deducen a la realización de la inversión, el valor a deducir por renta 50% y depreciación acelerada se difiere a (5) cinco años.

Una vez realicemos los descuentos de ley 1715 de 2014, debemos agregar a este valor, la compra de energía, la intervención social, gestión comercial, inversión en redes y otros costos operativos que se presentan. La tabla 6 nos muestra las

⁵ Tesis de grado “Análisis Beneficio – Costo de la implementación de un sistema de energía solar fotovoltaica en el Campus Aguas Claras de la Universidad Santo Tomas. Facultad de Ingeniería Ambiental sede Villavicencio – Meta. Por Ginna Marcela Benito Molina y Karen Julieth Ruiz Calderón – 2018.

deducciones correspondientes a la ley 1715 por realizar inversiones en Fuentes No Convencionales de Energía Renovable FNCER.

Tabla 6. Deducciones de ley 1715 de 2014.

Descripción	Porcentaje a (%)	Inversión SFV (\$)	Descuento de ley 1715 (\$)
Renta	50	11.491.680.135	5.745.840.068
IVA	19	11.491.680.135	2.183.419.226
Depreciación acelerada	20	11.491.680.135	2.298.336.027
Aranceles por importación	20	11.491.680.135	2.298.336.027

Fuente: Elaboración propia

- **Deducción del impuesto sobre la renta⁶:** Los contribuyentes declarantes del impuesto sobre la renta que realicen directamente nuevas erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción y utilización de energía a partir FNCE o gestión eficiente de la energía, tendrán derecho a deducir hasta el 50% del valor de las inversiones.
- **Depreciación acelerada:** Gasto que la ley permite que sea deducible al momento de declarar el impuesto sobre la renta, por una proporción del valor del activo que no puede superar el 20% anual.
- **Exclusión de bienes y servicios del IVA:** Por la compra de bienes y servicios, equipos, maquinaria, elementos y/o servicios nacionales o importados, deducción del 19%.
- **Exención de gravámenes arancelarios:** Exención del pago de los derechos arancelarios de importación de maquinaria, equipos, materiales e insumos destinados exclusivamente para labores de pre - inversión y de inversión de proyectos con FNCE.

En materia ambiental los bonos verdes se han convertido en una gran alternativa para el desarrollo de proyectos con energías renovables, ya que generan una serie de beneficios para los inversionistas.

Actualmente en Colombia se han emitido bonos verdes por valor de 66,7 millones de dólares, los fondos serán utilizados por el Banco de Comercio Exterior de Colombia para proyectos que mitiguen el impacto del cambio climático y mejoren el desempeño ambiental de las empresas colombianas.

⁶ UPME Ministerio de Minas y Energía, “Invierta y Gane con Energía”

Tabla 7. Indicadores financieros proyecto Zonas Especiales

Costos								Costos Totales
Periodo	Interv. Social	Costos operativos	Compra de energía	Gestión comercial	Mant. Tec limita	Inversión SFV	AIU -SFV	
0	35.124.263	8.760.000	214.243.200	0	28.140.154	114.915.801	13.330.992	414.514.410
1			160.682.400	64.626.896				225.309.296
2			165.502.872	66.565.703				232.068.575
3			170.467.958	68.562.674				239.030.632
4			175.581.997	70.619.554				246.201.551
5			180.849.457	72.738.141				253.587.598
Ingresos parciales								Ingresos totales
Periodo	Subsidios	Mayor ventas	Menor compra	Valor excedentes	Ahorro energía SFV			
0								0
1	289.041.480	179.333.700	141.687.000	113.821.692	-			723.883.872
2	297.712.724	184.713.711	145.937.610	117.236.343	-			745.600.388
3	306.644.106	190.255.122	150.315.738	120.753.433	-			767.968.400
4	315.843.429	195.962.776	154.825.210	124.376.036	-			791.007.451
5	325.318.732	201.841.659	159.469.967	128.107.317	-			814.737.675
Año de operación	Costos totales (\$)	Beneficios totales (\$)	Factor de actualización 13,1%	Costos actualizados (\$)	Beneficios actualizados (\$)	Flujo neto de efectivo act. (\$)		
0	414.514.410	0	1,000	414.514.410,00	0,00	-414.514.410,00		
1	225.309.296	723.883.872	0,884	199.212.463,31	640.038.790,45	440.826.327,14		
2	232.068.575	745.600.388	0,782	181.422.490,90	582.882.364,42	401.459.873,53		
3	239.030.632	767.968.400	0,691	165.221.189,77	530.830.093,15	365.608.903,39		
4	246.201.551	791.007.451	0,611	150.466.689,18	483.426.167,75	332.959.478,57		
5	253.587.598	814.737.675	0,540	137.029.787,67	440.255.484,33	303.225.696,66		
Total	1.357.124.464	3.843.197.786		1.247.867.030,82	2.677.432.900,11	1.429.565.869,29		
VAN=	1.429.565.869,29							
TIR =	120,61%							
B/C =	2,15							
PR	0,9							

Fuente: Google Maps Plantillas Excel

5.1.4 Dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico

- Irradiación solar

La irradiación solar se define como la energía que proviene del sol y que viaja por medio de ondas electromagnéticas a través de la atmosfera y llega a la superficie de la tierra, la irradiación solar se mide en Kwh/m²/día, es decir la cantidad de Kwh de energía por metro cuadro. En Colombia tenemos una irradiación solar promedio entre 4 y 5 kwh/m²/día. España que es el País Europeo de mejor irradiación solar tiene un promedio de 4.40 Kwh/m²/día, luego el valor para Colombia permite tener un buen funcionamiento de los Paneles solares durante el año. Para la ciudad de Santiago de Cali, se tienen los siguientes datos meteorológicos de irradiación solar.

Latitud : 3.145808

Longitud: -76.4812729

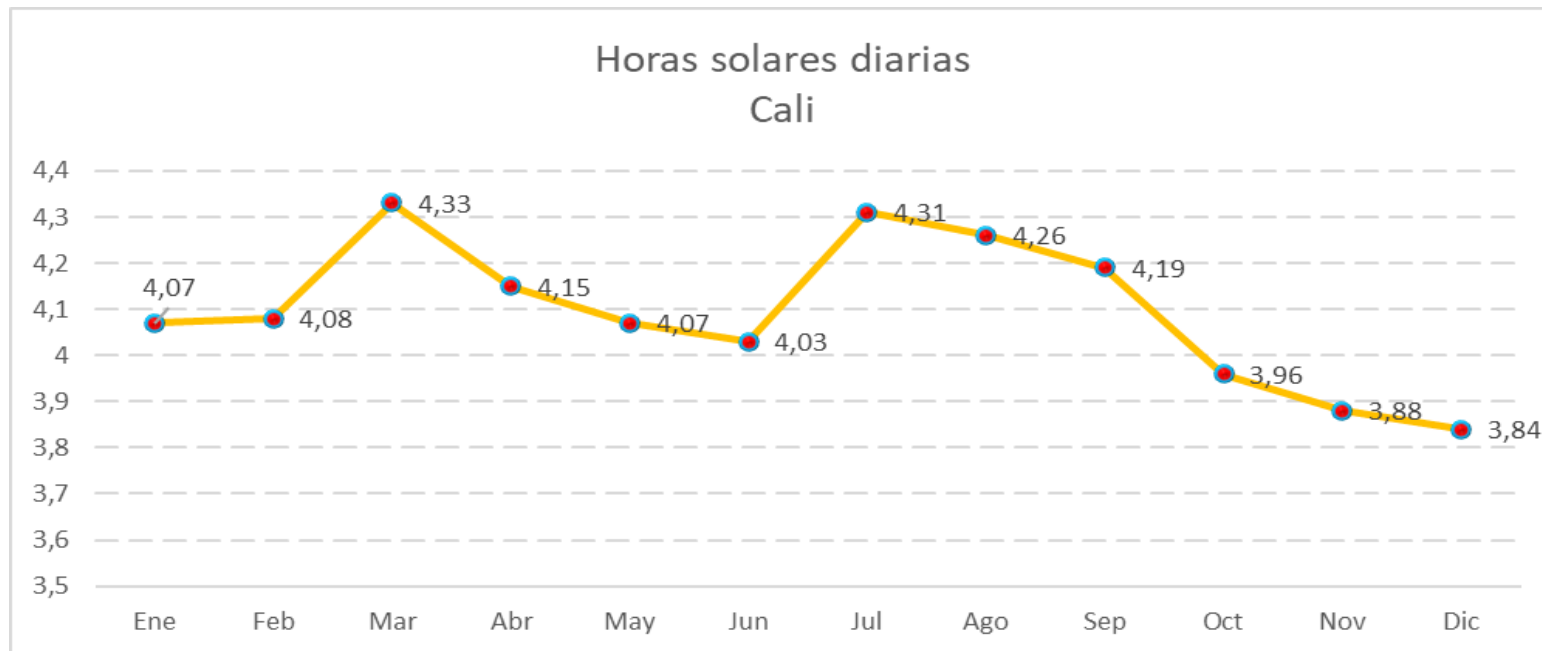
Tabla 8. Horas solares (HSP) por mes 2019 Cali.

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
4.07	4.08	4.33	4.15	4.07	4.03	4.31	4.26	4.19	3.96	3.88	3.84

Fuente Nasa.gov

La figura siguiente, nos muestra la radiación solar incidente en un plano horizontal para un día medio de cada mes para la ciudad de Cali con un ángulo de inclinación de 15° con respecto a la horizontal, la irradiación solar promedio es de $4,09 \text{ Kwh/m}^2/\text{día}$. Como parámetro de diseño lo módulos fotovoltaicos deben orientarse hacia el Sur.

Figura 24. Horas Solar Pico - Mes para la Santiago de Cali 2019.



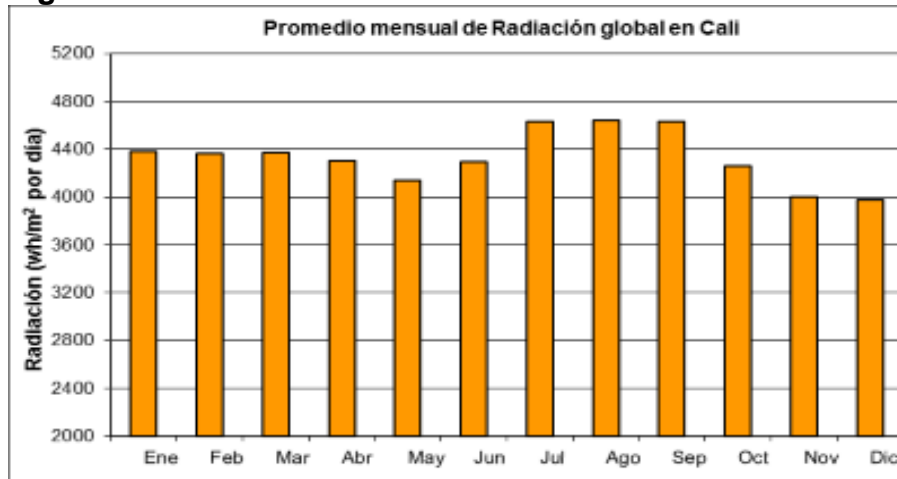
Fuente: IDEAM.

Cálculo de horas solar pico HSP

Conociendo la irradiación solar incidente, debemos dividirla entre la irradiación que se utiliza para calibrar los módulos fotovoltaicos ($1\text{Kw}/\text{m}^2$), esto nos da como resultado la cantidad de horas solar pico (HSP), este concepto equivale al número de horas que tendría que brillar el sol a una intensidad de $1000\text{W}/\text{m}^2$, para obtener la insolación total de un día, ya que el sol cambia la intensidad a lo largo del día⁷.

$$\begin{aligned} \text{HSP} &= (\text{Irradiación solar del mapa para Cali} / 1\text{Kw}/\text{m}^2) \\ &= (4,14 \text{ Kwh}/\text{m}^2/\text{día}) / (1\text{kw}/\text{m}^2) \\ &= 4,14 \text{ HSP} \end{aligned}$$

Figura 25. Radiación Global – Cali 2019.



Fuente: IDEAM

Obtención del área disponible para la instalación del sistema solar fotovoltaico SFV.

La institución educativa Isaias Duarte Cancino es un establecimiento de carácter público, ubicado en el oriente de la ciudad de Cali, con una capacidad para albergar mas de 2000 estudiantes, cuenta con un área total de 34.051 M^2 , de los cuales se pueden utilizar 20000 M^2 para instalar paneles solares. La institución se encuentra en un sitio estrategico, ya que al Sur se encuentra la Zona especial objeto del proyecto, por el Norte colinda con el Hospital Isaias Duarte Cancino por el Oeste con la Subestación Eléctrica de EMCALI E.I.C.E ESP y por el Este con la

⁷ Tesis de Maestría “Guía metodológica para la implementación de sistemas fotovoltaicos a pequeña escala en Colombia” Facultad de Ingeniería Universidad de Santander. Claudia Marcela Espitia Rey 2017.

Calle 96, una vía de dos carriles, amplia, que finaliza en la Av Ciudad Cali una de las principales vías arterias de la ciudad.

Tabla 9. Calculo del área disponible Proyecto.

Descripción	Cantidad	M²
Bloques – Aulas	14	4.173
Canchas de Basket	4	968
Zonas libres	3	1270
Parqueaderos	8	2.764
Zona verde	9	10825
Área total		20.000

Fuente: Elaboración propia

La tabla anterior nos muestra el área disponible total de la institución educativa Isaías Duarte Cansino.

Cálculo del número de módulos fotovoltaicos

Continuando con el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, procedemos a calcular el número de módulos necesarios, acorde con el área disponible.

Número de Módulos = (área disponible del proyecto) / área del panel.

Número de Módulos = (20.000 m²) / (1.92 m²)

Número de módulos = 10.416

Potencia del arreglo

$P(a) = 10.416 * 280 W = 2.916.480 W$

$P(a) = 2.916.480 - 25\% = 2.187.360 W$

$P(a) = 2187 Kw = 2.18 MW$

Cálculo de la energía SFV mes acorde a la HSP en Cali.

Teniendo en cuenta la tabla de las horas HSP, procedemos a calcular la energía del SFV por mes.

$$\text{Cargas AC (Wh/día)} = P(a) * EI * ER * HSP$$

$$\text{Cargas AC (Wh/día)} = 2.187 \text{ kW} * 0.88 * 0.85 * 4.14 = 6.772 \text{ (kwh/día)}$$

$$\text{Cargas AC (Wh/día)} = 6.772 \text{ kwh/día} * 30 \text{ días} = 203.175 \text{ (kwh/m)}$$

EI: Eficiencia del Inversor

ER: Eficiencia del regulador.

La tabla siguiente nos muestra la producción de energía del sistema solar fotovoltaico acorde con las HSP por cada mes, se observa que el mes con mayor producción es Marzo y el de menor Diciembre.

Tabla 40. Energía producida SFV – 2018.

Mes	HSP (Kwh/m ² /día)	Esfv (Kwh/m)
Enero	4,07	199.740
Febrero	4,08	200.231
Marzo	4,33	212.500
Abril	4,15	203.667
Mayo	4,07	199.740
Junio	4,03	197.777
Julio	4,31	211.519
Agosto	4,26	209.065
Septiembre	4,19	205.630
Octubre	3,96	194.342
Noviembre	3,88	188.453
Diciembre	3,84	188.453

Fuente: Elaboración propia

Dimensionado del inversor

$$\text{Potencia del inversor} = P_{\text{panel}} * \text{No de Módulos}$$

$$\text{Potencia del inversor} = 280 * 10.416 = 2917 \text{ kw}$$

Cantidad de inversores

$$\text{Cantidad de inversores} = 2.917 \text{ KW} / 500 \text{ KW} = 6 \text{ inversores}$$

Ecuaciones para el cálculo del valor de excedentes¹²

Para el desarrollo de la propuesta del Modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía, debemos primero plantear las ecuaciones definidas por la CREG acorde a la ley 1715 del 2014 y que hacen parte del marco teórico. La ecuación del valor de excedentes (VEX) es una variable contemplada en la ecuación del modelo propuesto.

Para el caso de la generación distribuida (GD) es decir aquellos usuarios en donde la producción o generación de energía es menor o igual 0.1 Mw, se aplican las ecuaciones siguientes ecuaciones.

$$\begin{aligned} \text{VEX} &= (\text{Exp1} - \text{Imp}) * \text{CU} - (\text{Exp1} * \text{C}) + (\text{Exp2} * \text{PB}) \\ \text{Incentivos} &= (\text{Exp1} + \text{Exp2}) * 0.5 * (\text{Rr} + \text{P}) \end{aligned}$$

Para sistema conectado a red mayor a 0,1 Mw se define la siguiente ecuación.

$$\text{VEX} = (\text{Exp1} - \text{Imp}) * \text{CU} - (\text{Exp1} * (\text{T} + \text{D} + \text{C} + \text{Pr} + \text{R})) + (\text{Exp2} * \text{PB})$$

Parámetros adicionales

En la tabla siguiente se muestran los parámetros comerciales para la facturación del servicio, los cuales son fijados por la Comisión de Regulación de Energía CREG, adscrita al Ministerio de Minas y Energía.

Tabla 5. Parametros Comerciales.

Parámetro	Definición	Valor (\$)
PB	Precio de bolsa	172
CU	Costo unitario del servicio o tarifa	455
C	Costo de comercialización	60
Rr	Restricciones del servicio	18.79
P	Pérdidas técnicas	10.85
T	Costo de transmisión	29.65
D	Costo de distribución	94.65

Fuente: CREG.

Los parametros anteriores se detallan en la factura de servicios públicos

¹² Fuente: Taller CREG- Ministerio de Minas y Energía

ECUACIÓN DEL MODELO ⁹

Para el diseño de la ecuación del modelo, se tomaron diferentes variables que son utilizadas en el proceso de comercialización de energía, la variable (VLC) Valor de Limitación de Corriente, resulta del proceso tecnológico de intervención de la corriente, desarrollado en las prácticas de campo o experimentales.

Es importante resaltar que las variables que componen la ecuación del modelo propuesto, resultaron de la necesidad de encontrar una herramienta o método que nos permitiera reducir las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales, de esta manera se fueron integrando en el desarrollo de las experiencias de campo, lo anterior teniendo en cuenta que la población intervenida no se rige por un contrato de condiciones uniformes. La ecuación (1), nos muestra las variables del Modelo.

$$\text{MRPCE} = (\text{VSUB} + \text{VLC} + \text{VEX} + \text{VIN} + \text{VAU} + \text{VET}) - (\text{VPC} + \text{VCA}) \quad (1)$$

VSUB: Valor subsidio de energía, resulta del proceso comercial de aplicación de subsidios de energía.

VLC: Valor limitación de corriente, 25% de la energía de Importación o tomada de la red eléctrica, resulta de las experiencias tecnológicas desarrolladas en campo a travez del tiempo, el valor de limitación de corriente propuesto es el máximo definido de manera experimental.

VEX: Valor de excedentes de energía, resulta de las ecuaciones definidas por la CREG.

VIN: Valor Incentivos, resulta de las ecuaciones definidas por la CREG, para generadores de energía fotovoltaica ≤ 0.1 MW.

VAU: Valor de energía de autoconsumo, resulta del proceso de generación de energía solar fotovoltaica, no es tenida en cuenta en las ecuaciones de la CREG para el cálculo del valor de excedentes de energía.

VET: Valor externalidades, resulta del proceso de generación de energías renovables, es un beneficio en la implementación y uso de las energías renovables

VPC: Valor pérdidas comerciales, resulta del proceso de comercialización de la energía eléctrica, definida en la ecuación del balance de energía.

VCA: Valor cartera, resulta del proceso de comercialización de la energía eléctrica.

MRPCE: Modelo de Reducción de Pérdidas Comerciales de Energía, sumatoria de las variables anteriores.

Como podemos observar la ecuación del Modelo propuesto, resulta de la integración de diferentes variables, de procesos experimentales, de comercialización de energía, beneficios por el uso de energías renovables.

Definición de conceptos

Importación de energía (Imp).

Es la energía tomada de la red eléctrica, es decir el consumo de energía en (kwh/m).

Limitación de corriente 25%

Corresponde al valor de limitación de suministro de la importación de energía, este proceso se realiza con tecnología de punta, para reducir el consumo al valor determinado.

Subsidios

Valor subsidiado a los estratos 1 y 2, que oscila entre el 54,5 % y el 68% de la factura de servicios públicos.

Exportación de energía (Exp 1)

Es la energía que se genera por el sistema solar fotovoltaico y se inyecta a la red eléctrica y que cambiamos por la importación o energía que se toma de la red, en la ecuación del (VEX) valor de (Exp1) debe ser igual a la importación.

Exportación de energía (Exp 2)

La exportación (Exp2) de energía, corresponde a la diferencia entre la importación (Imp) y la exportación (Exp1), se paga al precio de bolsa (PB).

Valor de excedentes

Resulta de aplicar la formula:

$$VE = (Exp1 - Imp) * CU - (Exp1 * (T + D + C + P + Rr)) + (Exp2 * PB)$$

ó $(Exp1 - Imp) * CU - (Exp1 * C) + (Exp2 * PB)$

Incentivos

Corresponde al valor entregado por el uso de energías renovables:

$$Incentivos = (Exp1 + Exp2) * 0.5 * (Rr + P)$$

Externalidades

Valor cuantificado de reducción de emisiones de efecto invernadero CO₂, Generación de empleo, impactos en la salud, o externalidades negativas como costos de extensión y refuerzo de red, costos de fluctuaciones de energía. Conexiones a la red.

○ **Factores de pérdidas comerciales de energía⁸**

- **Factor social:** Bajos ingresos de los hogares atendidos que no permiten cumplir con el pago del servicio, aumento de la cartera morosa, conflicto armado que origina desplazamiento forzado, cultura de no pago como fenómeno conductual, la falta de mantenimiento a las redes eléctricas no se puede dar porque existen inseguridad en el sector y los grupos operativos de la empresa son asaltados, les roban las pertenencias y materiales que llevan, ante esta situación los usuarios realizan conexiones ilegales y fraudes en los medidores si existen que afectan la sostenibilidad financiera de la empresa.
- **Factor político:** falta de transparencia de funcionarios y contratistas, baja institucionalidad, lo anterior crea un clima de duda que no facilita la ejecución de negocios que permitan realizar inversiones en el sector, este factor es uno de los generadores de pobreza.
- **Factor organizacional:** Funcionarios y contratistas que pueden no estar alineados con las políticas de la empresa, esta falla en el eslabón de la cadena no permite cumplir con los objetivos, lo cual afecta los indicadores y metas propuestas, que finalmente se traducen en menos ingresos para la empresa.

También se presentan por problemas en la gestión empresarial que incluyen errores en la contabilidad, un mantenimiento deficiente de los registros de los usuarios, energía no contabilizada como el Alumbrado de las Zonas Especiales.

- **Factor financiero:** No hay financiación de proyectos, se afecta la cobertura y mejoramiento de la infraestructura, los usuarios instalan redes antitécnicas, se presenta quema de transformadores, incendios, muertes por electrocución, se presenta un crecimiento desmesurado de usuarios ilegales que disparan las pérdidas de energía de manera alarmante.
Otro aspecto importante aquí es la compra de energía para atender el mercado, si la empresa presenta un bajo flujo de efectivo, se pueden presentar incumplimientos de contratos en el negocio de compra y venta de energía, ocasionado por energía utilizada por los usuarios pero que finalmente no la pagan.
Los subsidios de energía pueden aliviar de alguna manera el flujo de caja de una empresa, pero deben ir acompañados de otros programas, existen empresas que se dedican a reclamar subsidios de energía y no realizan

⁸ Departamento Nacional de Planeación DNP- Gobierno de Colombia, "Evaluación de resultados de la Política de Servicios Públicos Domiciliarios en temas de energía eléctrica en el País". Unión Temporal Ernst & Young, producto 4- 2017.

inversiones en las comunidades vulnerables, a largo plazo pueden ser un problema cuando estos recursos se agoten o disminuyan de manera drástica.

- **Factores geográficos:** Usuarios que se asientan en sectores de alto riesgo ambiental, zonas verdes, parque nacional, donde está prohibido la comercialización del servicio, esto es un problema grave para las empresas, ya que la única posibilidad es el retiro de estas viviendas, donde debe intervenir el gobierno local, se inicia un proceso judicial que puede durar años, mientras tanto la empresa pierde esa energía que impacta negativamente sus finanzas.

El riesgo ambiental que se presentan en estos sectores es alto, razón por la cual la entidad municipal debe certificar si el barrio cumple con las condiciones ambientales para prestar el servicio público de energía, el riesgo aumenta porque la mayoría de los barrios no cuentan con un sistema de Acueducto y Alcantarillado, las vías se inundan y los cables que transportan la electricidad están muy bajos, luego el riesgo por electrocución aumenta, las viviendas no cuentan con una infraestructura adecuada, los techos en su mayoría son de material de Zinc o y las acometidas que transportan la energía tocan estos techos por los fuertes vientos que se presentan y con el pasar del tiempo están se fisuran y energizan la estructura de la vivienda.

Lo anterior a provocado incendios que han cobrado vidas humanas y pérdida total de sus bienes, agravando más la situación de pobreza y generando una carga más para las finanzas del erario.

En la figura siguiente se muestra el árbol de problemas con las causas y efectos que originan las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales de Santiago de Cali.

- **La Matriz de Riesgos**

La Matriz de Riesgos, permite identificar actividades empresariales asociándolas a riesgos por tipo y nivel, a factores exógenos y endógenos relacionados con estos riesgos. Todo ello permite la organización de un Sistema de Gestión de Riesgos.

Para el caso en particular y tratándose de sectores donde la vulnerabilidad social es alta, podemos enunciar algunos de tipo económico , como el incumplimiento en el pago de las facturas del servicio, debido a los bajos ingresos de los usuarios , entonces debemos tomar acciones que puedan contrarrestar dicha situación, como es el caso de fomentar fuentes de ingresos para los usuarios mediante alianzas, en el peor de los casos entregar subsidios del Estado que eviten que el problema afecte las finanzas de la empresa prestadora y el problema sea mayor.

Existen variables que son determinantes en el proceso como el recaudo, la cartera, si pretendemos generar energía solar fotovoltaica, se debe tener un plan de contingencia cuando la irradiación sea muy baja, es la herramienta que nos permite determinar cuáles son los riesgos más relevantes en el proceso de control de pérdidas comerciales de energía eléctrica. Así mismo, es posible evaluar la efectividad de la gestión de riesgos, tanto financieros, operativos y estratégicos que están impactando en la misión de la organización.

La matriz de riesgo que se presenta a continuación contiene los riesgos principales que se pueden tener a la hora de implementar el modelo de reducción de las pérdidas comerciales de energía eléctrica y que pueden impactar de manera directa la propuesta presentada. Para el desarrollo del primer objetivo solo se presenta la primera parte de la Matriz de Riesgos.

De acuerdo con la norma internacional ISO 31000 (Parte 2.1) el riesgo es «el efecto de la incertidumbre en los objetivos». Y ese efecto puede ser una desviación positiva o negativa de lo que se espera conseguir. De forma que, el riesgo es la posibilidad de que habrá una desviación positiva o negativa de los objetivos que esperamos alcanzar.

La ISO 31000 reconoce que las organizaciones de cualquier tamaño y sector operan en una situación de incertidumbre. Cuando tratamos de alcanzar un objetivo, siempre existe la posibilidad de que las cosas no vayan de acuerdo con el plan establecido. Para cualquier organización existe este riesgo y ese riesgo puede ser administrado.

La tabla No 6 nos muestra la Matriz de Riesgo Parte I para las Zonas especiales de Santiago de Cali, en ellas se menciona riesgos como el incumplimiento en el pago del servicio por parte de los usuarios de la zona, la demora o falta de presupuesto para ejecutar el proyecto. Se recomienda remitirse a la Normas ISO 31000 para la gestión del riesgo.

Tabla 12. Matriz de Riesgo Parte I – Zonas Especiales

TESIS DE GRADO		MATRIZ DE RIESGOS - PARTE I		
		PROCESO: AFOROS DE ENERGÍA - ENERGIAS RENOVABLES PARA ZONAS ESPECIALES		
(1) CÓDIGO	(2) RIESGO	(3) DESCRIPCIÓN	(6) CAUSAS	(7) CONSECUENCIAS
1	Incumplimiento en el pago de las facturas de energía.	Hace referencia al incumplimiento en el pago de los servicios.	1. Falta de empleo. 2. Cultura de no pago. F6;G10 3. Altas tarifas. 4. Consumos excesivos de energía , no hay cultura de ahorro.	1. Altas pérdidas comerciales . 2. Cartera morosa. 3. Contrabando. 4. fraudes
2	Insuficiente irradiación solar	Hace referencia a la falta de irradiación proveniente del sol,	1. Fenomeno de la niña. 2. Deterioro en los paneles solares 3. Sombras en el entorno. 4. Diseño deficiente del sistema SFV	Incumplimiento en los contratos de venta de energía
3	Incumplimiento o demora en la asignación del presupuesto.	Se refiere a la demora, tardanza en la entrega de los recursos para la ejecución del proyecto.	1. Recortes de presupuesto. 2. Falta de compromiso del funcionario responsable 3. Flujo de Caja deficiente. 4. Demora en los tramites para la ejecución de los descuentos tributarios de ley 1715 de 2014.	1. Atraso del proyecto. 2. Aumento de no conformidades y de las correspondientes acciones correctivas. 3. Pérdida económicas
4	Fraude en el uso del servicio de energía.	Hace referencia al uso irregular de conexiones, cableados, etc., con el fin de hurtar dichos recursos para la disminución de consumos y costos asociados.	1. Alto consumo del recurso energía. 2. Falta de presupuesto para cumplir con el pago de facturas. 3. Funcionarios sin ética y conciencia ambiental.	1. Sanciones disciplinarias y económicas por parte de las autoridades competentes. 2. Suspensión de los servicios. 3. Pérdida de imagen institucional ante la sociedad.
5	Manipulación de resultados de estudios e informes a los organismos de control.	Hace referencia a la modificación de indicadores, datos, parámetros, resultados, etc. en informes que se le entregan a las autoridades de control.	1. Resultados de los estudios y caracterizaciones con parámetros fuera de lo que la ley permite. 2. Querer evitar una sanción o multa.	1. Sanciones económicas y disciplinarias. 2. Pérdida de imagen institucional ante la sociedad.
6	Manejo inadecuado del modelo de gestión	Hace referencia a la utilización del modelo de gestión para usuarios normalizados que no conversa con la situación socioeconomica de los usuarios de las Zona Especiales	1. Desconocimiento de la situación actual en las Zonas Especiales. 2. Desconocimiento de la normatividad aplicable a las zonas Especiales. 3. Intereses particulares que se anteponen a las estrategias de la empresa.	Perjuicios económicos, técnicos y operativos.

Fuente: Tesis Universidad del Atlántico

Tabla 6. Matriz de riesgos parte II

TESIS DE GRADO		MATRIZ DE RIESGOS		
PROCESO: AFOROS DE ENERGÍA - ENERGIAS RENOVABLES PARA ZONAS ESPECIALES				
(1) CÓDIGO	(2) RIESGO	(3) DESCRIPCIÓN	(6) CAUSAS	(7) CONSECUENCIAS
1	Incumplimiento en el pago de las facturas de energía.	Hace referencia al incumplimiento en el pago de los servicios.	1. Falta de empleo. 2. Cultura de no pago. 3. Altas tarifas. 4. Consumos excesivos de energía, no hay cultura de ahorro.	1. Altas pérdidas comerciales. 2. Cartera morosa. 3. Contrabando. 4. fraudes
2	Insuficiente irradiación solar	Hace referencia a la falta de irradiación proveniente del sol.	1. Fenomeno de la niña. 2. Deterioro en los paneles solares 3. Sombras en el entorno. 4. Diseño deficiente del sistema SFV	1. Incumplimiento en los contratos de venta de energía
6	Incumplimiento o demora en la asignación del presupuesto.	Se refiere a la demora, tardanza en la entrega de los recursos para la ejecución del proyecto.	1. Recortes de presupuesto. 2. Falta de compromiso del funcionario responsable 3. Flujo de Caja deficiente. 4. Demora en los tramites para la ejecución de los descuentos tributarios de ley 1715 de 2014.	1. Atraso del proyecto. 2. Aumento de no conformidades y de las correspondientes acciones correctivas. 3. Pérdida económicas
7	Fraude en el uso del servicio de energía.	Hace referencia al uso irregular de conexiones, cableados, etc., con el fin de hurtar dichos recursos para la disminución de consumos y costos asociados.	1. Alto consumo del recurso energía. 2. Falta de presupuesto para cumplir con el pago de facturas. 3. Funcionarios sin ética y conciencia ambiental.	1. Sanciones disciplinarias y económicas por parte de las autoridades competentes. 2. Suspensión de los servicios. 3. Pérdida de imagen institucional ante la sociedad.
8	Manipulación de resultados de estudios e informes a los organismos de control.	Hace referencia a la modificación de indicadores, datos, parámetros, resultados, etc. en informes, que se le entregan a las autoridades de control.	1. Resultados de los estudios y caracterizaciones con parámetros fuera de lo que la ley permite. 2. Querer evitar una sanción o multa.	1. Sanciones económicas y disciplinarias. 2. Pérdida de imagen institucional ante la sociedad.
11	Manejo inadecuado del modelo de gestión	Hace referencia a la utilización del modelo de gestión para usuarios normalizados que no conversa con la situación socioeconómica de los usuarios de las Zona Especiales	1. Desconocimiento de la situación actual en las Zonas Especiales. 2. Desconocimiento de la normatividad aplicable a las zonas Especiales. 3. Intereses particulares que se anteponen a las estrategias de la empresa.	Perjuicios económicos, técnicos y operativos.

Fuente: Universidad del Atlántico

Tabla 14. Matriz de riesgos parte III.

ANÁLISIS DE RIESGOS						EVALUACIÓN DE RIESGOS							
(8) VALOR	(9) PROBABILIDAD	Porcentaje %	(10) VALOR	(11) IMPACTO	(12) SEVERIDAD (Riesgo inherente)	(13) CONTROL	(14) DESCRIPCIÓN DEL CONTROL	(15) TIPO DE CONTROL	(16) ESTA DOCUMENTADO ?	(17) DONDE ESTA DOCUMENTADO	(18) APLICACIÓN	(19) EFICACIA DEL CONTROL	(20) FRECUENCIA DEL CONTROL
10	ALTA	100%	2	CATASTROFICO	20	1. Limitación de corriente.	1. Instalación de nuevas tecnologías que obligan al ahorro de energía.	Correctivo	SI	Plan operativo	SI	Alta	Semanal
						1.2. Programa de auditoría del Sistema Integrado de Gestión.	1.2. Verificar que se cumpla con un mes de anticipación el programa de auditoría del Sistema Integrado de Gestión.	Preventivo	SI	Procedimiento de Auditorías PRO-GCI-000	SI	Media	Diario
10	ALTA	100%	2	CATASTROFICO	20	Mantenimiento preventivo	Revisar periódicamente que los paneles solares no tengan suciedad que afecte su rendimiento, contar con equipos de respaldo y fuentes alternativas para la contingencia.	Preventivo	SI	Plan operativo	SI	Baja	Según Ocurrencia
5	BAJA	50%	3	CATASTROFICO	15	6. Reuniones periódicas para el control del proceso.	Cuando se está ejecutando el Programa se asignan responsabilidades, se realiza seguimiento a los compromisos pactados, cumplimiento de objetivos y metas.	Preventivo	SI	Procedimiento para la ejecución y el control del presupuesto.	SI	Media	Según Ocurrencia
10	ALTA	100%	3	CATASTROFICO	30	1. Implementación del Sistema de Control de Energía, Gestión Ambiental a través de los programas de uso eficiente de los recursos agua y energía. 2. Disponibilidad de recursos para el pago por dichos servicios públicos. 3. Formación y capacitación en valores éticos institucionales y educación ambiental.	1. Verificar la implementación de las oportunidades de ahorro planteadas en los programas. 2. Priorizar el pago de estos servicios desde la Vicerrectoría Administrativa y Financiera. 3. Revisar el programa de capacitación para garantizar su eficiencia.	Correctivo	SI	Plan de Control de energía y Plan de Gestión comunitaria	si	Media	semanal
10	ALTA	100%	3	CATASTROFICO	30	1. Implementación y control del SCI a través de cada uno de los programas que se ejecutan. 2. Implementación y verificación de procedimientos, instructivos y formatos del SGA.	1. Seguimiento y monitoreo de las actividades y operaciones del SCI que estén dadas al cumplimiento de legislación ambiental. 2. Revisión constante de eficiencia de la documentación del SGA.	Preventivo	SI	Plan de Control Interno	si	Alta	DIARIO
5	MEDIA	50%	3	CATASTROFICO	15	1. Controles al manejo de los procesos y procedimientos 2. Capacitación en la aplicación de las normas relacionadas con las Zonas Especiales.	1. Capacitación e información permanente en normas para sectores vulnerables 2. Evaluación y actualización permanente en los procesos y procedimiento definidos.	Preventivo	SI	Plan de manejo del Talento Humano y Gestión de la Calidad MECI.	SI	Media	continuo

Fuente: Universidad del Atlántico

Tabla15. Matriz de Riesgo parte IV

					MATRIZ DE RIESGOS			CODIGO: DOC-TESIS DE GRADO
					PROCESO: AFOROS DE ENERGÍA - ENERGIAS RENOVABLES PARA ZONAS ESPECIALES			VERSIÓN: 1
								PAGINA: 1 DE 5
TRATAMIENTO								
(21) VALOR	(22) PROBABILIDAD	(23) VALOR	(24) IMPACTO	(25) SEVERIDAD	(26) ACCIÓN DE TRATAMIENTO	(27) TIEMPO DE IMPLEMENTACIÓN	(28) COSTO	(29) RESPONSABLE
10	ALTA	1	CATASTROFICO	10	1. Implementar el uso de energía renovables, en especial la solar fotovoltaica, aplicación de la ley 1715 de 2014, generando ingresos mediante la venta de energía y recibiendo los incentivos producto de las exportaciones a la red de energía o matriz energética. 2. Establecer con antelación un plan de trabajo que incluya su cronograma de actividades. 3. Estimular el compromiso de los interesados y realizar control el seguimiento al proceso.	Según necesidad o requerimiento de tiempo, se proyecta máximo 6 meses.	Medio	Jefe Oficina de Planeación y Departamento de Control de energía
							Bajo	Jefe Oficina de Control Interno
10	MEDIA	1	CATASTROFICO	10	1. Control y seguimiento al proceso operativo. 2. Contar con baterías de respaldo para la acumulación de energía. 3. Disponer de otras fuentes alternativas de energía como las PCH.	Según necesidad o requerimiento de tiempo	Medio	Jefe Oficina de Planeación
10	MEDIA	3	CATASTROFICO	30	1. Asignar el registro presupuestal. 2. Asignar el CDP. 3. Incluirlo en el Plan estratégico de la empresa. 4. Incluirlo en plan de desarrollo del Municipio.	Según necesidad o requerimiento de tiempo	alto	Jefe Oficina de Planeación, Gerente General y de Energía, Alcalde Municipal, Director de energía del Ministerio de Minas y Energía. UPME.
10	MEDIA	3	CATASTROFICO	30	1. Velar porque las oportunidades de ahorro se realicen por parte de toda la comunidad de la Zona Especial. 2. Garantizar el cumplimiento en el cronograma de los programas del SGA. 3. Realizar seguimiento al pago de las facturas de servicios públicos: agua y energía. 4. Aumentar el número de capacitaciones para reforzar la ética y la conciencia ambiental.	Según necesidad o requerimiento de tiempo	Medio	Director de energía y Jefe de Control de Energía, Director de responsabilidad social empresarial, jefe de finanzas y cartera, Jefe de facturación.
10	MEDIA	2	MODERADO	20	1 Control y seguimiento a los indicadores de energía y procesos del ciclo del servicio en las áreas involucradas. 2. Actualización de la documentación del SGA.	Según necesidad o requerimiento de tiempo	Alto	Gerente de energía. Director de energía.
10	MEDIA	3	CATASTROFICO	30	Elaboración, control y seguimiento a los procesos y procedimientos y aumento en la capacitación a funcionarios en cómo debe hacerse. 2. Rediseño del modelo de gestión 3. Incentivar la presentación de nuevos proyectos relacionados con el tema de las energías renovables mediante el programa SER.	Según necesidad o requerimiento de tiempo	Alto	Jefe Oficina de Planeación, Jefe Departamento de Tecnologías de la información

Fuente Universidad del Atlántico

○ Herramienta 5W - 2H

Es una herramienta vital, pues nos permite elaborar un plan de acción de forma estructurada, teniendo en cuenta los elementos esenciales que debe tener toda planificación. Para ello nos hacemos 7 cuestionamientos relacionados con el proyecto.

WHAT- ¿QUE? Lo que se quiere hacer.

WHY- ¿POR QUÉ? La razón por la cual se quiere hacer lo enunciado.

WHEN – ¿CUÁNDO? En qué momento se va a hacer lo enunciado.

WHERE – ¿DONDE? En que se sitio o lugar se va a realizar.

¿WHO – QUIÉN? El elemento (persona, entidad, grupo, etc.) que se va a encargar de realizarlo. Es el responsable de la ejecución. Todo plan de acción sin un doliente está destinado a fracasar. Cuando la responsabilidad de una actividad cae sobre una sola persona y no sobre un grupo, existen más posibilidades de que esa actividad no se logre.

HOW – ¿CÓMO? De qué forma se va a hacer, qué procedimientos vas a aplicar, cómo pretendes conseguir el objetivo.

HOW MUCH – ¿CUÁNTO? Cuánto va a costar. ¿Esfuerzo, sudor, lagrimas? ¿Tiempo y dinero más bien?

La herramienta 5W 2H nos permite diagnosticar la situación actual de la Zona Especial y presentar una contramedida que nos permita tener una alternativa de solución, para diferentes aspectos como, ¿Cuál es el propósito de la propuesta o proyecto?, reducir pérdidas comerciales de energía y ¿cómo lo vamos a lograr? , con un nuevo modelo o estrategia.

¿Cuáles son las ventajas de usar este método? ⁵

- **Garantía de plazos y tareas:** Con el método aplicado, todas las tareas, plazos y personas a cargo se describirán clara y fácilmente a todo el equipo. Esto asegura que las acciones se tomarán en el momento adecuado, agregando garantía de tiempo.
- **Análisis completo del plan de acción:** Usando 5W 2H como lista de verificación, analizará tu plan de acción muy a fondo, con todos los puntos que deberían llamar la atención. Los responsables, plazos, acciones,

valores, ubicación, todos se describirán y completarán claramente para todos.

- **Facilidad para crear planes de acción:** Crear un proyecto no es una tarea sencilla, especialmente cuando este plan de acción involucra a muchas personas, actividades, plazos y un alto valor. Imagina un edificio, por ejemplo. Muchos profesionales involucrados, suministros, maquinaria, equipos, empresas. Todo esto debe ser mapeado para que la planificación y la ejecución vayan juntas. Para facilitar la administración y la descripción de todos los puntos requeridos en el plan, el método 5W 2H agrega más facilidad ya que hay campos específicos para cada definición.

⁵ Fuente: Ángel López, Abogado redactor y revisor de contenidos de Rockcontent

Tabla 16. 5W -2H – Zonas Especiales - Cali 2019.

5W- 2H	CLASE	DESCRIPCIÓN	CONTRAMEDIDA
What? (¿Que se hace?)	Tema	Se trata de reducir pérdidas comerciales de energía con medidas de choque, la forma de atacar el problema es inadecuada.	Cambiar la estrategia involucrando a los stakeholders, creando un Modelo económico con la participación de las comunidades, el gobierno local y empresa, para que finalmente genere beneficios para las partes.
Why? (¿Por qué se hace?)	Propósito	El proceso se realiza para reducir las pérdidas comerciales que afectan el flujo de caja de la empresa o sus ingresos, con el fin de obtener rentabilidad social, económica y ambiental, utilizando la energía solar fotovoltaica SFV en un proceso comercial.	
Who? (¿Quién lo hace?)	Personas	Empresa – Usuario.	El proceso deben realizarlo los usuarios con el apoyo de la empresa y el ente local o Alcaldía a lo largo del año, con revisiones de indicadores de gestión mes a mes. El proyecto debe ubicarse en las Zonas Especiales de la ciudad de Cali, Yumbo y Puerto Tejada inicialmente. luego internacionalmente.
When? (¿Cuándo se hace?)	Secuencia	Se debe realizar a lo largo del año con el modelo propuesto.	
Where? (¿Dónde se hace?)	Ubicación	Se realiza en el área de cobertura de EMCALI EICE ESP, también se puede hacer en otras regiones e incluso a nivel internacional	
How? (¿Cómo se hace?)	Método	No existe un método, ni modelo	Aplicar un método o modelo de Gestión, procedimientos y procesos.
How much? (¿Cuánto cuesta?) (% estimado)	Costo	Se realizo la evaluación económica del proyecto, la cual se presenta en la tabla No 10.	Recuperar las pérdidas eléctricas y generar excedentes de energía

Fuente: Elaboración propia.

- **Modelo de Diagnóstico de Pérdidas Comerciales de Energía.**

El Modelo de Diagnóstico de Pérdidas Comerciales de Energía, fue elaborado de manera específica para las Zonas Especiales como un aporte de las experiencias dadas en las diferentes intervenciones con la comunidad, entes oficiales y clientes internos, lo anterior buscando estrategias que nos permitiera desarrollar un programa para controlar y reducir las pérdidas comerciales de energía, los síntomas más importantes, sus causas, efectos.

Se plantean las soluciones, pero además se mencionan algunos riesgos y se realiza una evaluación económica del proyecto con el fin de conocer su rentabilidad económica. Es una herramienta muy completa, que nos muestra el análisis cualitativo y cuantitativo, el tiempo requerido para el proyecto, que es determinante a la hora de tomar una decisión.

Este modelo es de fuente propia y puede ser utilizado en otro tipo de proyectos con el fin de tener una idea general del problema que se desea resolver.

El modelo tiene como objetivo relacionar los síntomas, causas, describir las causas, cuáles son sus efectos, describir la solución, que riesgos se pueden presentar en la implementación del proyecto, tiempo de duración del proyecto y el resumen de los indicadores financieros.

Este modelo de diagnóstico de pérdidas comerciales de energía nace de las experiencias desarrolladas en campo, es decir actividades que se fueron ejecutando y ajustando a la situación actual en las Zonas Especiales, donde se realizaron reuniones con líderes comunitarios, comunidad en general, pero además se pudo tener una opinión particular de los usuarios.

Los usuarios manifiestan su inconformismo por la baja presencia de las instituciones oficiales, necesidades básicas insatisfechas, lo anterior genera una cultura de ilegalidad, en donde se cree tener derecho a cometer acciones ilícitas en detrimento de la empresa de servicios públicos.

Cualquier modelo que se desee implementar en sectores vulnerables debe ir acompañado de un análisis detallado del área de estudio, porque de acuerdo a la experiencias desarrolladas se ha podido determinar que incluso en sectores de un mismo municipio existen diferencias profundas o incluso los intereses de las comunidades son distintos, por eso es necesario realizar un diagnóstico que permita una caracterización que se ajuste a la gran mayoría de las Zonas Especiales, razón por la cual se ha considerado que el diagnóstico realizado es una muy buena aproximación. En la tabla siguiente se muestra el diagnóstico realizado en sectores del oriente de la ciudad de Santiago Cali, en donde se concentra la mayor cantidad de población vulnerable.

Tabla 17. Modelo de Diagnóstico de Pérdidas Comerciales - 2019

Item	Sintoma	Causa	Descripción de la Causa	Efectos	Descripción de la solución	Riesgos en la implementación	Tiempo de ejecución	Variables financieras
1	Bajo recaudo	Desempleo	En su mayoría son personas que vienen de otras regiones y no encuentran oportunidades de trabajo.	Insolvencia económica de la empresa	Incentivar la economía con el proyecto solar Fotovoltaico aplicación de la ley 1715 de 2014, generación distribuida (GD) Beneficios e incentivos	No se asuma por parte de la comunidad con responsabilidad el proyecto económico	6 meses	VAN 1.429.565.869,29
2	Cartera morosa	Cultura de no pago	do, alienta el consumo excesivo	Cuentas de difícil cobro	Facilidades de pago, prescripción de cartera.	Cambio de políticas comerciales en la empresa		TIR 120,61
3	Energía no facturada	Inseguridad	Debido a la inseguridad del sector la empresa no puede realizar una buena gestión comercial	Reconexiones ilegales	Facturación del servicio, apoyo de seguridad, acuerdos con la comunidad	No se firmen los acuerdos entre comunidad y empresa		B/C 2,15
4	Aumento en los costos del servicio	Baja rentabilidad	Deficit en la compensación de costos incurridos para la prestación del servicio.	Afectación del flujo de Caja de la empresa	Gestión comercial, control a indicadores, revisión y ajuste de procesos	Gestión comercial y técnica deficiente		PR 0,9
5	Falta de organización	Procesos deficientes	Los procesos no estan actualizados y no cumplen con las actuales normas de calidad.	Sobrecostos	Levantamiento de nuevos procesos ajustados a la normas actuales de calidad	No aplicación correcta de los procesos de calidad		
6	Robo de energía	Redes vulnerables	Debido a que las redes de energía son de facil acceso se han incrementado las conexiones ilegales.	Fallas en el servicio	Blindaje de la red eléctrica , mantenimiento preventivo.	Recorte de presupuesto para invertir en redes blindadas		
7	Altos consumos de energía	Crecimiento de la población	Desplazamiento forzado, violencia, problemas economicos en su lugar de origen.	Deterioro de las redes eléctricas	Implementación de tecnologías para la limitación de suministro de energía hasta por un 25% de la corriente de entrada.	Recorte de presupuesto para invertir en nuevas tecnologías		

Fuente: Elaboración propia

El modelo incluye los indicadores financieros que son de vital importancia a la hora de realizar o proyectar un tipo de inversión

Los cinco indicadores financieros de rentabilidad que se utilizaron para evaluar el modelo de inversión son: valor presente neto, tasa interna de retorno, relación beneficio costo, índice de rentabilidad y el método de periodo de recuperación de inversión. Como primer elemento de análisis, se deben de calcular los flujos de efectivo o utilidades netas de cada proyecto; cabe mencionar que, todos los elementos numéricos para los cálculos deben estar a valor presente.

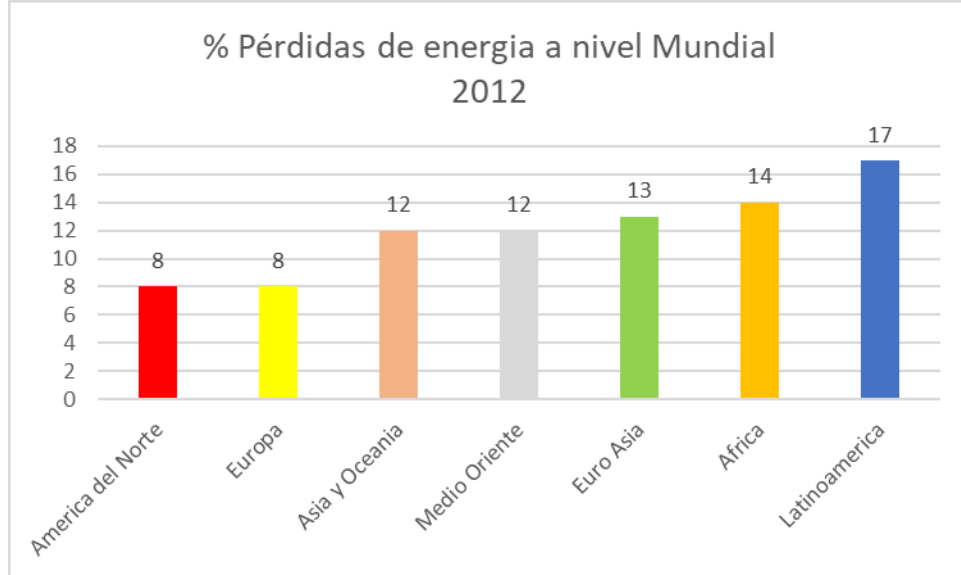
Una vez que los flujos de efectivo son determinados se puede escoger el indicador de rentabilidad que se desea analizar para tomar decisiones a través de su resultado.

Panorama de las pérdidas de electricidad ⁹

A nivel Mundial: Las pérdidas de energía eléctrica se encontraban en 290 TWh. La grafica siguiente muestra el porcentaje por regiones a nivel mundial.

⁹ Fuente BID

Figura 26. Pérdidas de energía a nivel Mundial



Fuente: BID

Las pérdidas de electricidad en ALC (América Latina y del Caribe) clasificados por región y nivel de ingresos. Se destaca que, como región, tienen uno de los porcentajes más altos de pérdidas eléctricas en el mundo, situación que se ha agravado durante las últimas tres décadas.

- **Panorama de Latinoamérica y del Caribe ALC**

Acorde a los estudios del BID las pérdidas en ALC ascienden a los 240TWh en el 2012, 20 de 26 Países latinoamericanos tienen pérdidas eléctricas mayores al 10 %. Del total generado y 12 de 26 Países tienen pérdidas mayores al 17% anual.

Se pronostica que para el año 2030 las pérdidas eléctricas en América Latina y del Caribe ALC sean de 182 TWh anual ¹⁰ con una reducción de 60 TWh.

¹⁰ Fuente: Banco Interamericano de Desarrollo BID "Electricidad Pérdida" 2014.

Figura 27. Pérdidas de energía eléctrica en Latinoamérica



Fuente: BID

La Figura 27 muestra las pérdidas como porcentaje del total de energía eléctrica producida en cada uno de los 26 países analizados. Se muestra una variación significativa entre ellos del 6% en el caso de Trinidad y Tobago, 56% en Haití. De acuerdo con estas estimaciones, solo seis de los 26 países no presentan un problema de pérdidas.

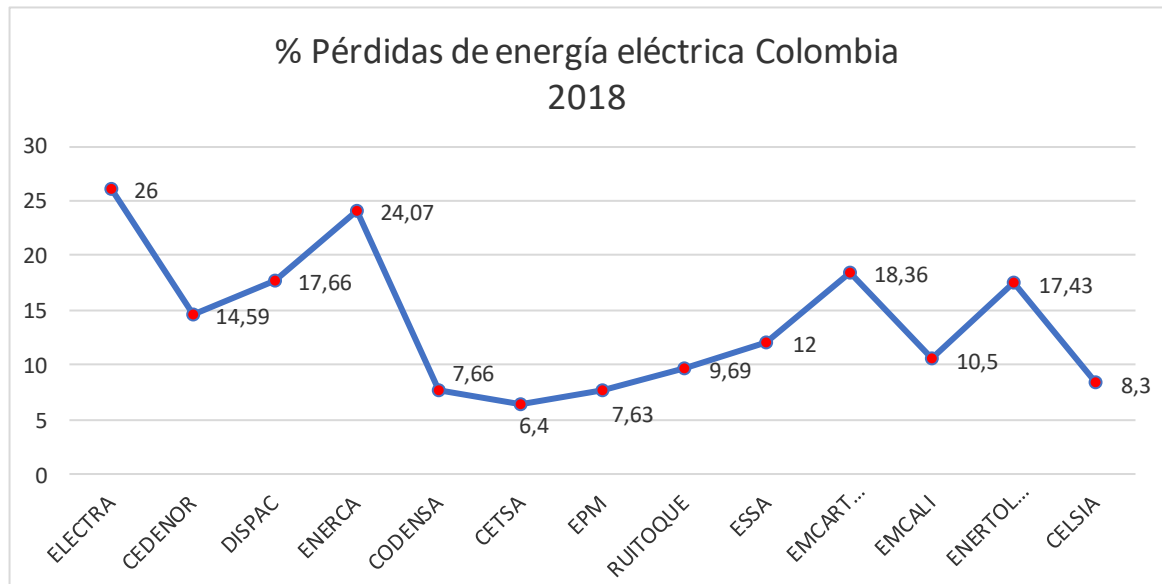
El punto de corte para esos seis países es Costa Rica, con un porcentaje de pérdidas del 10%. Los otros 20 países de la región muestran pérdidas por encima de la referencia internacional 8% y de nuestro punto de referencia 10%.

Además, casi la mitad de los 26 países presentan pérdidas iguales o superiores a 17% de la producción total de electricidad.

- **Panorama en Colombia:** Para el año 2012 las pérdidas en Colombia a nivel mundial eran de un 20%, es decir 48 TWh de ALC, actualmente se ubican en un 17%, 40.8 TWh. .

La figura 28 nos muestra el porcentaje de las pérdidas de energía en Colombia para 14 empresas, se debe aclarar que no existe información concreta de otras empresas.

Figura 28. Pérdidas por empresa – Colombia 2019.



Fuente: CREG.

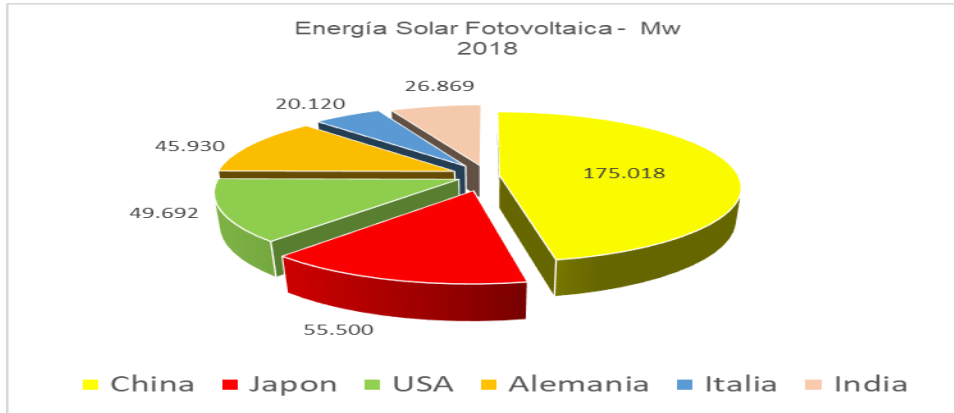
- Panorama Local:** Las pérdidas eléctricas en el área de cobertura de EMCALI EICE ESP (Cali, Yumbo ,Puerto Tejada) ascienden al 9.82.% en total para el año 2018, que equivalen a 398 Gwh y en diciembre de 2017 se tenían pérdidas de 433 Gwh⁷, luego se logró en general una reducción a 35 Gwh. En las Zonas Especiales se tienen pérdidas de 4.9 Gwh por mes, es decir que por año se pierden unos 58,8 Gwh que representan el 14,7 % del total registrado para el 2018.

Acorde a los datos registrados en el SUI (Sistema de Información de la Super Intendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD) – 2019, el consumo medio en el sector residencial es de 150 (kwh/m), La tarifa media es de (\$ 539 / kwh), el valor facturado promedio para los estratos 1 y 2 es de (\$ 76.623) sin tener en cuenta los subsidios de energía. El total de suscriptores al 2019 para toda la empresa es de 687.992 de los cuales 293.364 corresponden a los estratos 1 y 2 donde concentran las Zonas Especiales. Las pérdidas eléctricas se concentran principalmente en la zona oriente de la ciudad y el Municipio de Puerto Tejada, Municipio en donde ascienden al 54% y considerada como una Zona de Difícil Gestión.

- Uso de la energía Solar Fotovoltaica SFV.**

Panorama mundial: La producción mundial de energía solar fotovoltaica al año 2018 es de 480.357 de Mw. La figura 29 nos muestra los mayores productores liderados por la China ⁸.

Figura 29. Energía Fotovoltaica - Mayores productores – 2018.

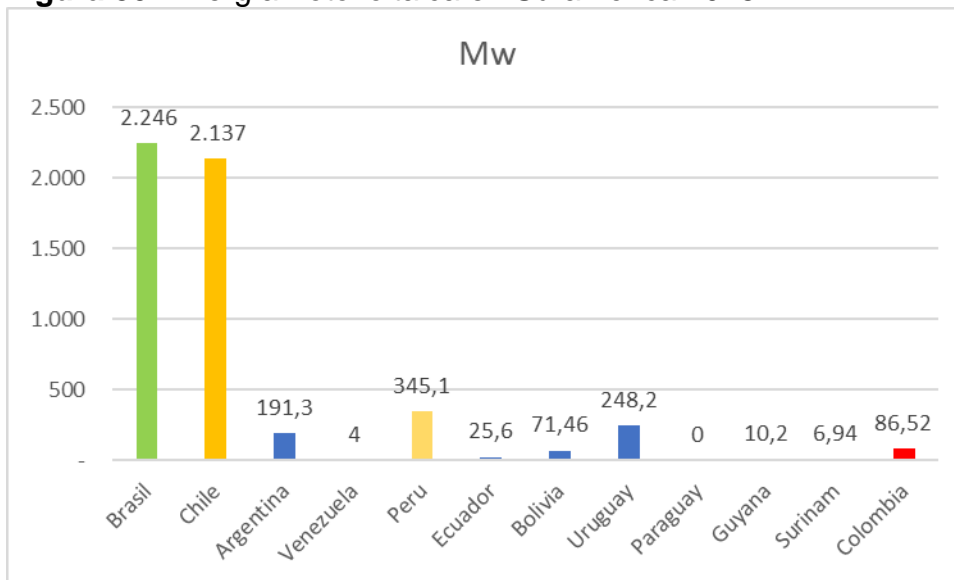


Fuente: IRENA

- **Panorama en Latinoamérica**

En Latinoamérica los mayores productores de energía con sistemas fotovoltaicos son Brasil y Chile, datos del año 2018, la figura 30 nos muestra los países de Suramérica y Centroamérica, cabe mencionar que Canadá tiene una producción de 3113 MW, Colombia ha empezado a incursionar en el mercado de las renovables y se perfila como uno de los Países con mayor avance.

Figura 30. Energía Fotovoltaica en Suramérica 2018.

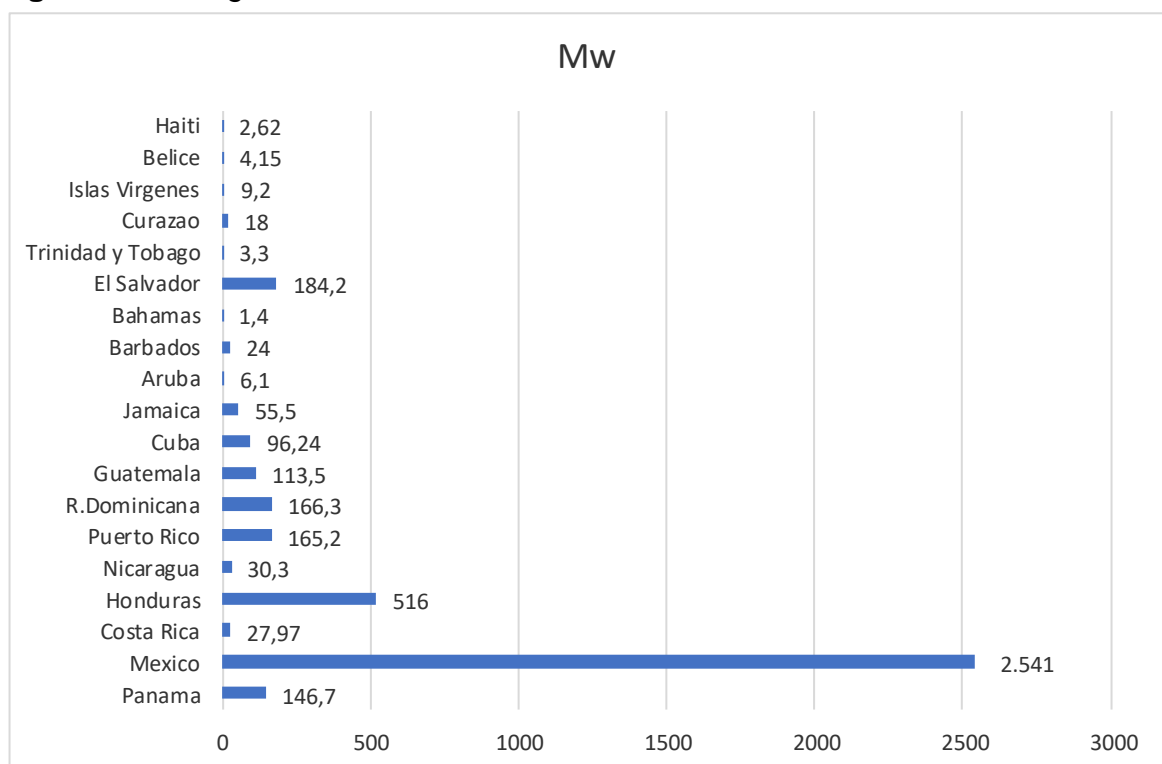


Fuente: IRENA

México presenta una producción importante de energía solar fotovoltaica con 3.113 Mw cifras del año 2018 ⁹. La figura 31 nos muestra el panorama en Centroamérica.

Para el caso de Latinoamérica y el Caribe, se ha llegado a una potencia de energía solar fotovoltaica de 10 GW. Según nuevas estadísticas publicadas por la Agencia Internacional de las Energías Renovables (IRENA), América del Sur alcanzó unos 5.469 MW de potencia fotovoltaica instalada a finales de 2018, mientras que México y la región de América Central y el Caribe llegaron respectivamente a unos 3.113 MW y 1.737 MW.

Figura 31. Energía Fotovoltaica en Latinoamérica –2016.



Fuente: IRENA

- **Empleos generados por las energías renovables**

De las energías renovables la solar fotovoltaica es la que presenta el mayor aporte, según datos de la UPME (2019). La generación de empleo como un factor de beneficio en las energías renovables se considera una externalidad que debe tenerse en cuenta a la hora de realizar un análisis de rentabilidad.

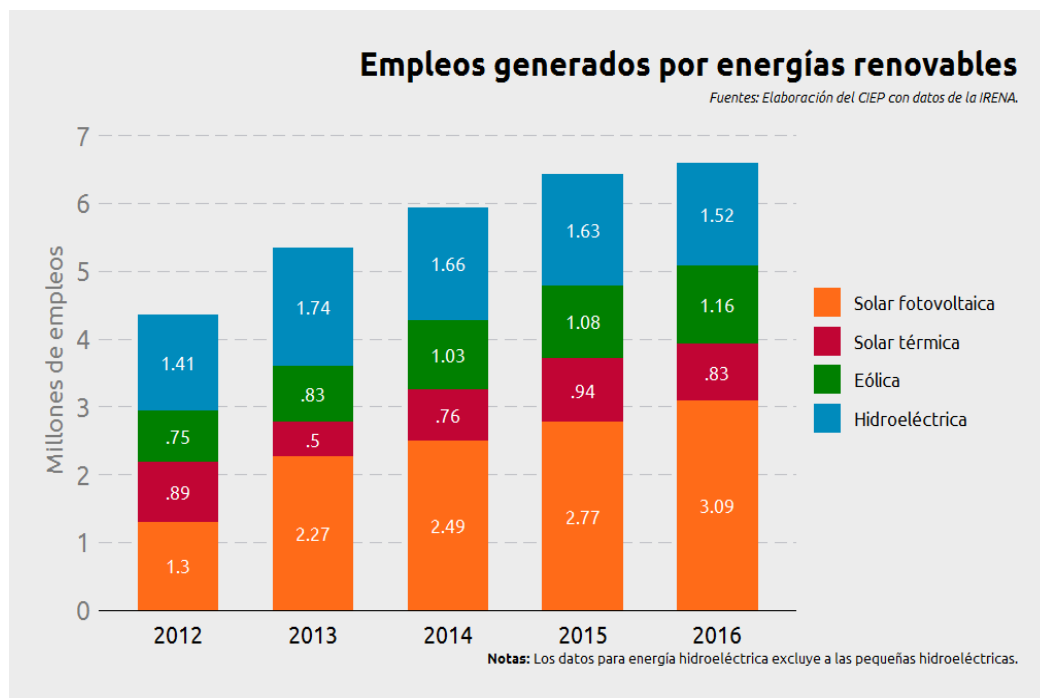
La figura 32 muestra los empleos generados por tecnología según IRENA.

Tabla 18. Empleos generados para diferentes FNCER.

Tecnología	Unidad	Directos	Indirectos
Solar Fotovoltaica	Empleos/GWh	0.8	1.8
Eólica	Empleos/GWh	0.8	0.9
Geotérmica	Empleos/GWh	0.2	0.1
Biogás	Empleos/GWh	0.8	0.2
Biomasa	Empleos/GWh	0.2	0.2

Fuente: UPME 2019

Figura 32. Empleos generados a nivel mundial por tecnología.



Fuente: IRENA

- **Construcción de la Matriz de Marco lógico**

Tabla 19. Resumen narrativo - Zonas Especiales

Pasos del MML	Descripción
Fin	<ul style="list-style-type: none"> ○ Incremento de la utilidad ○ Aumento de los ingresos para los interesados ○ Crecimiento de la participación en el mercado ○ Aumento de la motivación de los usuarios en el proyecto.
Propósito	<ul style="list-style-type: none"> ○ Bajas pérdidas comerciales de energía con el modelo propuesto
Componentes	<ul style="list-style-type: none"> ○ Modelo de evaluación económica del proyecto con indicadores financieros, VAN, TIR, R(B-C), PR. ○ Informe de validación del Modelo ○ Informe actual de las pérdidas comerciales en Zonas Especiales ○ Documento del diseño del sistema solar fotovoltaico
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> ○ Calculo del indicador de pérdidas comerciales ○ Dimensionamiento del Sistema Solar Fotovoltaico SFV. ○ Limitación de corriente para control de fraudes y conexiones ilegales ○ Gestión de subsidios de energía ○ Elaborar el Acuerdo Comunitario

Fuente Elaboración propia adaptada - CEPAL

○ **Matriz de Marco Lógico (MML)**

Tabla 20. Matriz de Marco Lógico Zonas Especiales

Descripción	Objetivos	Indicadores	Medios de verificación	Supuestos
Fin	Cumplimiento de objetivos financieros por reducción de pérdidas comerciales de energía.	Al finalizar el proyecto los ingresos fueron de \$49.787.107 por mes.	Documento de validación del modelo	Los subsidios dependen de la estabilidad política económica del Estado
Propósito	Reducir pérdidas comerciales de energía con el modelo propuesto	La relación beneficio costo del proyecto fue de 2.15	Documento de Evaluación económica del proyecto con indicadores financieros	El precio de bolsa (PB) no se altere por debajo.
Componentes	Validación del Modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía	La TIR del proyecto es de 120,61	Documento de Evaluación económica del proyecto con indicadores financieros	Existen alteraciones climáticas que afectan la radiación solar, afectación de las exportaciones de energía
Acciones	Control al fraude y conexiones ilegales con la limitación de corriente	El indicador de pérdidas de energía estuvo por debajo del 1%	Documento diagnóstico de pérdidas comerciales de energía	Los usuarios no se oponen al cambio de tecnología

Fuente: Elaboración adaptada CEPAL. Edgar Ortegón, Juan Francisco Pacheco, Adriana Prieto.

5.2 EJECUCIÓN

Para la etapa de ejecución y luego de contar con las herramientas necesarias, explicar la procedencia del Modelo (Pag 62) sus variables, procedemos a presentar los escenarios de aplicación, que permitan en la etapa de evaluación decidir sobre la mejor opción.

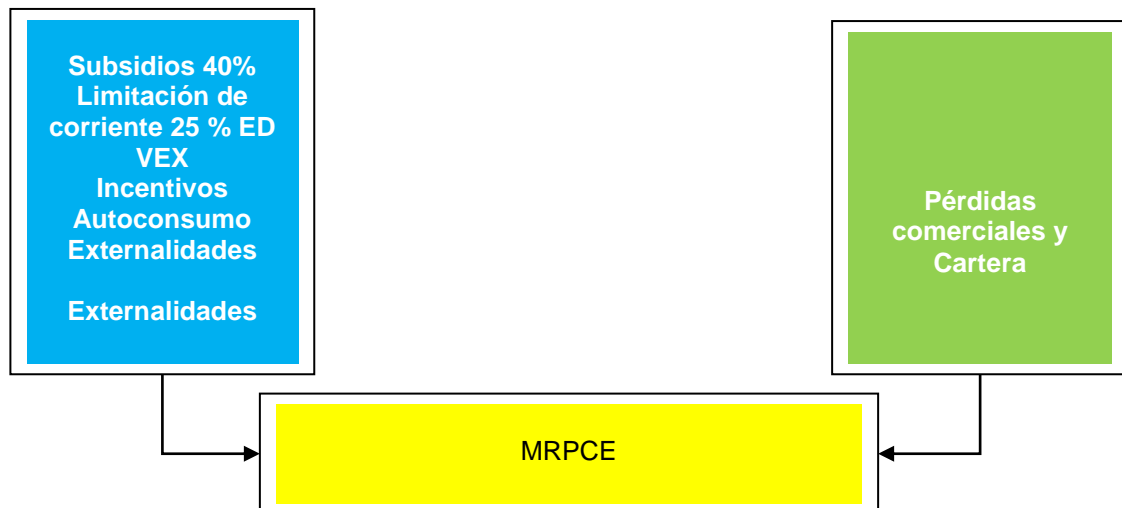
Modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía

El Modelo de reducción pérdidas comerciales de energía, se inicia con la limitación de la corriente en un 25% al despacho (ED), luego aplicamos el 40% en subsidios entregados por el Estado a la energía facturada (EF) o de importación, aquella que se consume de la red de energía del agente comercializador, aplicamos la ecuación del valor de los excedentes (VEX) formulada por el Ministerio de Minas y Energía al igual que la formula para el calculo de los incentivos, si la generación es < 0.1 MW, de lo contrario se aplica la ecuación de generación de energía > 0.1 MW, que es el caso que nos atañe, se mide el autoconsumo como aquella energía que se genera con el SFV pero que no se exporta y finalmente el valor de la externalidad (VET). Por otro lado tenemos calculadas las pérdidas comerciales de energía y el valor de la cartera morosa. La siguiente ecuación nos muestra el modelo matematico.

$$\text{MRPCE} = (\text{VSUB} + \text{VLC} + \text{VEX} + \text{VIN} + \text{VAU} + \text{VET}) - (\text{VPC} + \text{VCA})$$

Se define la ecuación del balance de energía ($\text{ED} = \text{EF} + \text{EP}$)

Figura 33. Esquema Modelo de Reducción de Pérdidas Comerciales de Energía.



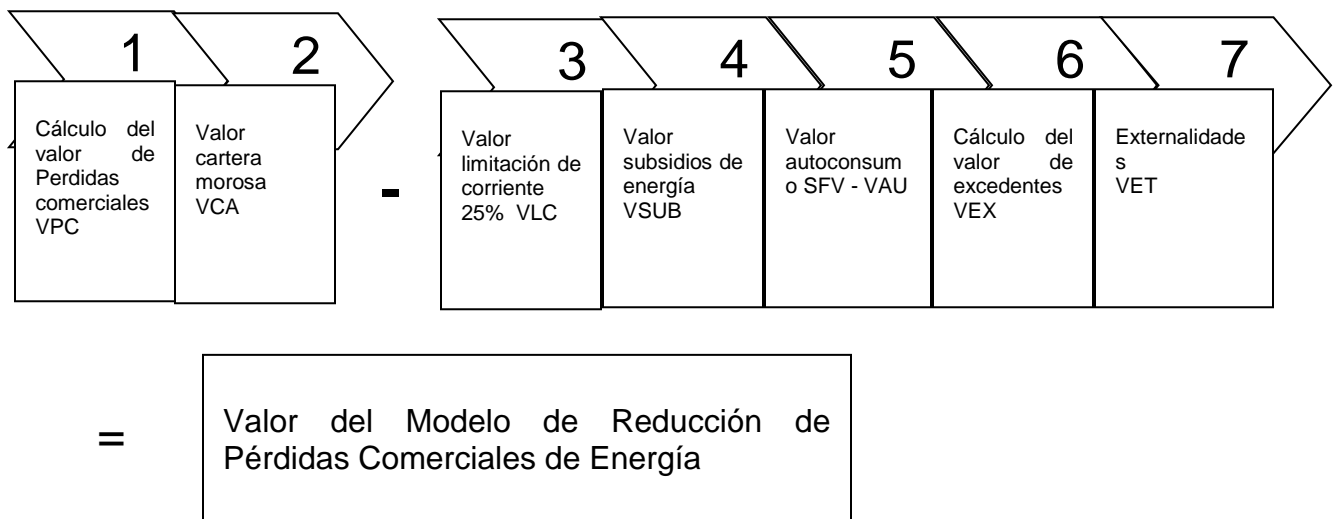
Fuente: Elaboración propia

Escenarios de aplicación del Modelo de reducción de pérdidas comerciales.

Para el desarrollo de cada uno de los escenarios primero debemos realizar el balance de energía del SIN: ($ED = EF + EP$), el cual permite conocer las pérdidas de energía, la energía facturada o de importación, la sumatoria de ambas nos da la energía despachada, parametro para poder dimensionar el sistema solar fotovoltaico y finalmente calculamos la cartera morosa si esta existe, esto en cuanto a la primera parte de la ecuación del modelo (MRPCE).

Continuando con la hoja de ruta del Modelo, se aplica la limitación de corriente a la energía que se despacha del SIN, para nuestro caso corresponde es un 25%, el cuarto paso es aplicar el subsidio de energía 40% como minimo, ya que por ser usuarios de Zonas Especiales estan protegidos por la constitución Nacional y no es posible quitarles el subsidio de energía que entrega el Estado producto de la contribucción de los estratos 5 y 6. Una vez dimensionado el SFV, se mide el autoconsumo, es decir, aquella energía que se utiliza y no se exporta, como un segundo paso continuamos con el calculo del Valor de excedentes de energía, aplicando la ecuación correspondiente si la potencia es $< 01 \text{ MW}$ ó $> 0.1 \text{ MW}$ que es el caso presentado en los escenarios. Finalmente debemos cuantificar comercialmente las externalidades, como las emisiones de C02 evitadas, empleo, para citar algunas.

Figura 34. Hoja de ruta Modelo de Reducción de Pérdidas Comerciales de Energía.

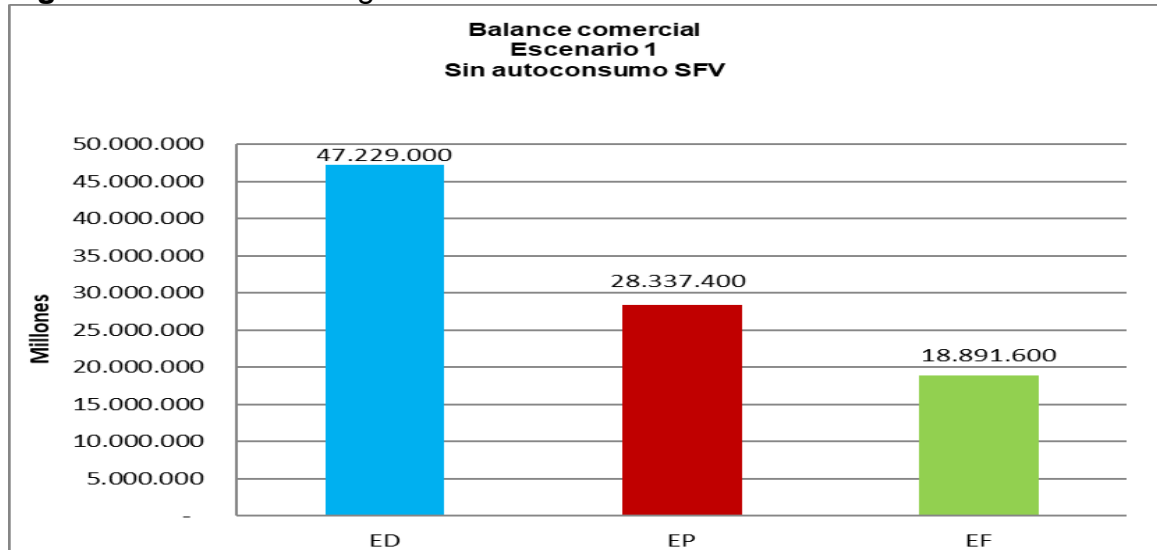


Fuente: Elaboración propia.

Escenario 1

En la figura 35 se observan los valores iniciales del balance energetico, energía despachada (ED), energía pérdida (EP) y energía facturada (EF), sin implementar el sistema fotovoltaico (SFV).

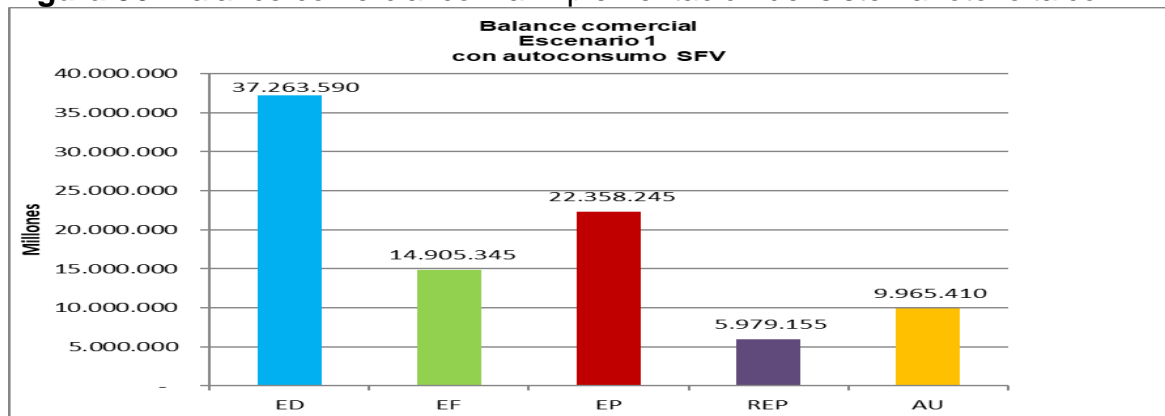
Figura 35. Balance energetico.



Fuente: Elaboración propia.

La figura 36 nos muestra el balance energetico con la implementación del sistema fotovoltaico (SFV), se observa un ahorro de energía por valor de \$ 9.965.410, las pérdidas comerciales de energía, la energía facturada y la despachada, se reducen en un 21.1%, luego el ahorro se traduce también en un 21,1% con la implementación del sistema.

Figura 36. Balance comercial con la implementación del sistema fotovoltaico.



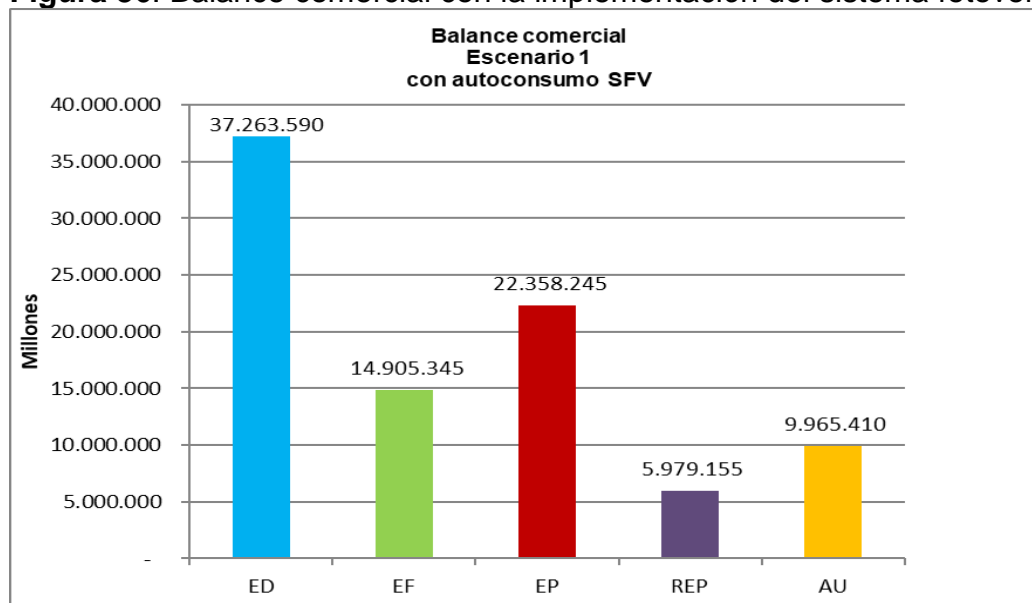
Fuente: Elaboración propia.

Como conclusión en el escenario 1, no se exporta energía del sistema fotovoltaico (SFV), la energía producida es para su autoconsumo, pero se logra con el sistema reducir las pérdidas comerciales en un 21.1%. El autoconsumo es un 10,78 % del total de la capacidad que es 203.175 (kwh-mes).

Escenario 2

Para el desarrollo del escenario 2, nos remitimos primero a la figura 36 vista en el escenario 1 como punto de partida.

Figura 36. Balance comercial con la implementación del sistema fotovoltaico II.



Fuente: Elaboración propia

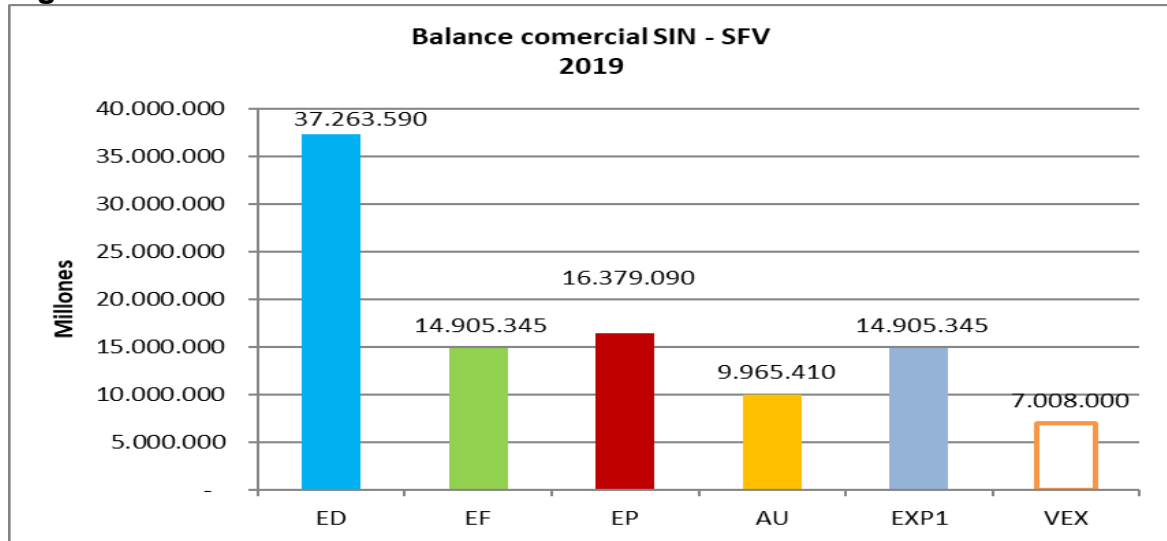
Se aplica la ecuación del valor del (VEX) acorde a lo definido por la Comisión de Regulación de Energía (CREG)¹¹ para usuarios con potencia mayor a 0.1 MW, La potencia del sistema es de 2,18 MW.

$$VEX = (Exp1 - Imp) * CU - (Exp1 * (T + D + C + Pr + R)) + (Exp2 * PB)$$

Para este escenario el usuario exporta (Exp1) energía que intercambia con la que toma de la red de distribución o energía facturada (EF) al aplicar la ecuación anterior para el cálculo de la factura final o valor a pagar resulta \$ 7.008.000 como se muestra en la figura 37.

¹¹ Ecuación Taller CREG, Ministerio de Minas y Energía. 2017

Figura 37. Balance comercial SIN - SFV.



Fuente: Elaboración propia

Acorde a la tabla 22 podemos concluir que con la exportación de energía (Exp1) el valor de la factura a pagar por el usuario se reduce a la mitad, como se muestra en el VEX = \$ 7.008.000, además de que las pérdidas se redujeron en un 26,7%.

Tabla 71. Costos unitarios – Proceso SIN- SFV.

Rr	Costos unitarios (\$)						SIN (Kwh)			SFV (Kwh)		
	D	T	P	C	PB	CU	ED	Autoconsumo	Imp - EF	EP	Exp 1	Exp2
18,79	94,65	29,65	10,85	60	172	455	81.898	21.902	32.759	49.139	32.759	-

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8. Descripción de la factura,

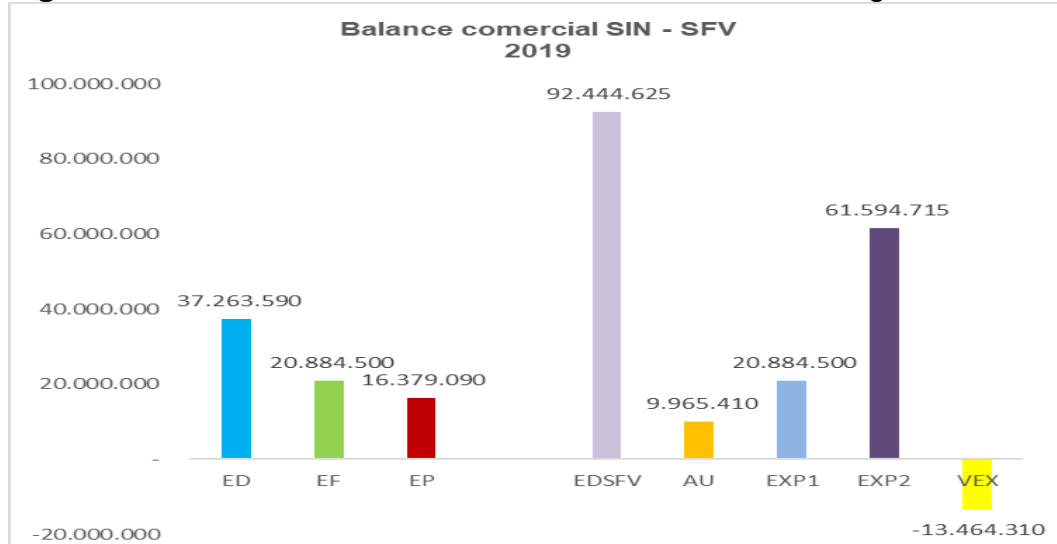
Factura sin Panel (\$)	Con Paneles sin exportar (\$)	Factura con Panel (\$)	Valor exp1	Valor exp2	Total facturado (\$)
37.263.590	22.358.245	14.905.345	14.905.345	-	7.008.460

Fuente: Elaboración propia.

Escenario 3

Para el escenario 3 se realiza la limitación de corriente en un 25%, luego se reducen las pérdidas comerciales de energía al igual que la energía facturada o de importación, lo que permite exportar más energía (Exp2) para la venta, el valor de los excedentes aumenta a favor del usuario como se muestra en la figura 38.

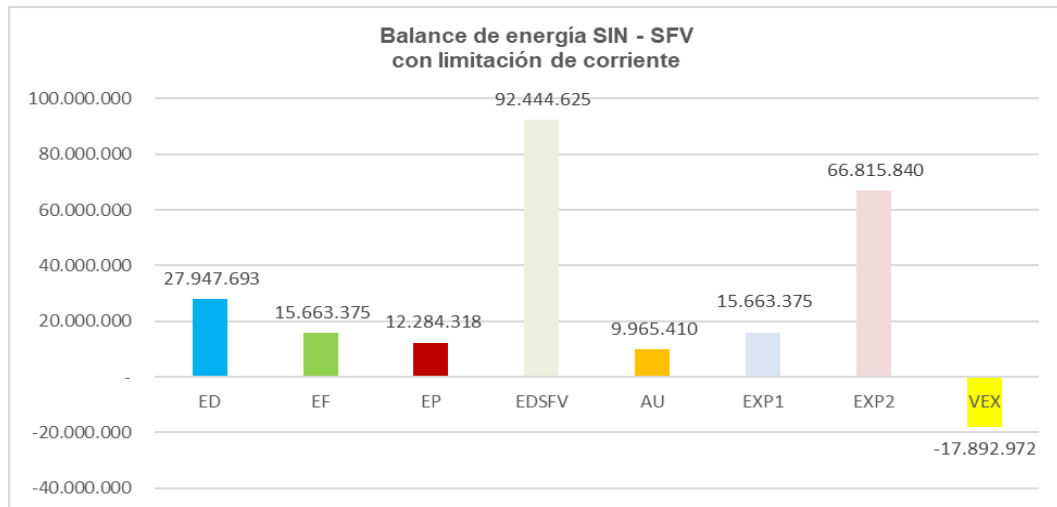
Figura 38. Balance comercial - Valor de excedentes de energía.



Fuente: Elaboración propia

Las pérdidas comerciales de energía se reducen a \$12.284.318. Procedemos a la aplicación del modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía.

Figura 39. Balance comercial. Aumento del valor de excedentes de energía.



Fuente: Elaboración propia

Tabla 9. Costos unitarios y energías para el cálculo del valor del (VEX).

Rr	Costos unitarios (\$)						SIN (Kwh)			SFV (Kwh)		
	D	T	P	C	PB	CU	ED	Autoconsumo	Imp - EF	EP	Exp 1	Exp2
18,79	94,65	29,65	10,85	60	172	455	83.326	21.902	34.425	26.949	34.425	146.848

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10. Descripción de la factura – Valor de excedentes.

Factura sin Panel (\$)	Con Paneles sin exportar (\$)	Factura con Panel (\$)	Perdidas comerciales de energía (\$)	Valor exp1	Valor exp2	Total facturado (\$)
37.263.590	9.965.410	15.663.375	12.284.545	15.663.375	25.257.856	- 17.892.972

Fuente: Elaboración propia.

El valor negativo del total facturado, para este caso el (VEX) significa que es a favor del usuario.

Tabla 11. Hoja de ruta del Modelo de Reducción de Pérdidas Comerciales de Energía MRPCE.

Pasos	Descripción del paso	Ecuación	Valor (\$)
1	Calculo del Valor de pérdidas de energía SIN	$EP = ED - EF$	-12.261.795
2	Valor de la cartera morosa	$EF * 2 n$ (n = mes)	-
3	Valor limitación de corriente 25% de la energía despachada (ED) SIN	$0,25 \% * ED$	11.809.297
4	Valor del subsidio de energía 40% de de la energía facturada (EF) SIN	$0,40 \% * EF$	6.265.350
5	Valor del autoconsumo SFV	$VAU = VEDSFV - (Exp1+Exp2)$	9.965.410
6	Valor del excedente de energía SFV ; > 0,1 MW	$VEX = (Exp1 - Imp) * CU + (Exp1 * (T+D+C+P+Rr) - (Exp2 * PB))$	17.892.972
7	Valor de incentivos	$VIN = (Exp1+Exp2) * 0,5 * (Rr+P)$	-
8	Valor de la Externalidad	0	0
9	MRPCE	$MRPCE = (VLC+VSUB+VEX+VIN+VAU+VET)-(VPC+VCA)$	33.671.234

Fuente: Elaboración propia.

El modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía nos arroja un beneficio final de \$ 33.671.234, en donde las perdidas comerciales para el caso en particular se redujeron a cero.

5.3 EVALUACIÓN

Para el análisis de resultado se hizo la siguiente pregunta de investigación.

¿Es posible desarrollar un modelo que permita reducir las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales de Santiago de Cali?

Acorde al trabajo realizado y las experiencias resultantes de las actividades de campo, se llegó a la conclusión que las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales, si es posible reducirlas, pero debemos definir un acuerdo entre la Comunidad, el Gobierno y la empresa prestadora de servicios públicos, debido a que en los sectores a intervenir encontramos usuarios de bajos recursos económicos.

Acorde a las experiencias desarrolladas, el Modelo de Reducción de Pérdidas Comerciales de Energía (MRPCE) nos permitió reducir perdidas, dimensionar el sistema de energía solar fotovoltaico y modelar mediante una ecuación matemática del Modelo, los beneficios del proyecto.

Con la utilización de las fuentes renovables como la Solar Fotovoltaica, se genera energía por parte de los interesados, esto promueve el empleo como se ha podido demostrar en este trabajo de grado y genera ingresos mediante los excedentes de energía o ventas al comercializador del servicio, lo anterior favorece la condición socioeconómica de los usuarios de estos sectores. Por otro lado, es necesario implementar nuevas tecnologías, como la limitación de corriente, que permite el control y uso del servicio de manera moderada, evitando el desperdicio de energía.

Acorde a la evaluación económica del proyecto, es necesario generar excedentes de energía, por lo anterior es importante definir cuál es el consumo promedio y poder definir la potencia instalada del Sistema Fotovoltaico.

Los subsidios de energía entregados por el Estado para este tipo de usuarios no se pueden eliminar, porque estaríamos agravando su situación, reducirlos de manera progresiva hasta un valor que puede ser un 40% es viable, en la evaluación económica se contempló un escenario sin subsidios y los ingresos para los usuarios estarían al límite, es decir, se corre el riesgo en cualquier momento de no generar y esa no es la política de la propuesta.

Los resultados obtenidos cumplen con los objetivos propuestos y la mejor opción se presenta en el escenario No 3, es decir aplicamos el modelo considerando los subsidios de energía, la limitación de corriente del 25% de la energía despachada, el Cálculo del valor de los excedentes de energía (VE) acorde a la ecuación desarrollada por la CREG para usuarios con capacidad de generación mayor a un 0.1MW, se calcula la energía de autoconsumo que se intercambia con las pérdidas comerciales de energía. Con respecto a otros trabajos realizados, los

resultados son muy similares en lo referente a la rentabilidad, pero difiere del nuestro, en el sentido que hacemos control a un problema que impacta las finanzas de la empresa prestadora del servicio y en la solución beneficia a los usuarios. El modelo desarrollado, puede ser replicado a cualquier estrato, en lo relacionado con el control de las pérdidas comerciales de energía, si un usuario genera energía para su autoconsumo, pero además inyecta a la red, podemos controlar la defraudación de fluidos. El modelo es ideal para ser aplicado en instituciones públicas como escuelas. Colegios, universidades y hospitales como el Isaias Duarte Cancino, por su proximidad al proyecto y cercanía a la subestación eléctrica.

La tabla 26 nos muestra los beneficios tanto para la empresa como los usuarios, es importante aclarar que al firmar el Acuerdo Comunitario como lo establece el decreto 111 de 2012 para las Zonas Especiales, los beneficios se deben compartir y en el documento deben quedar consignados los porcentajes correspondientes.

Tabla 12. Beneficios del proyecto SIN-SFV.

Beneficios del proyecto	
Empresa	Usuarios
Reducción de las pérdidas comerciales de energía	Mejoramiento de sus ingresos por las ventas de energía en el marco del acuerdo con la empresa de servicios públicos.
Menor compra de energía para atender a la misma cantidad de usuarios por el proceso de limitación de corriente, lo que permite utilizar este dinero en mayor inversión.	Menor valor en el pago de la factura de servicios públicos
Aumentar sus ingresos por la venta de energía con el sistema fotovoltaico , ya que los beneficios financieros del proyecto se distribuyen en el marco del acuerdo con los usuarios. Decreto 111 de 2012 Zonas Especiales.	El Proyecto con el sistema fotovoltaico les permite acceder a empleos en el marco del Decreto 111 de 2012 para las Zonas Especiales (Acuerdo Comunitario).
Beneficios tributarios ley 1715 de 2014	Se mejoran las redes de energía y disminuye el riesgo de muerte por electrocución e incendios en las viviendas por cortos circuitos
Emisión de bonos verdes que le permite acceder a créditos financieros para proyectos sostenibles, por la reducción de las emisiones de (CO2)	El proyecto contribuye a mejorar las calidad de vida de los usuarios
Mejoramiento de la imagen corporativa en el proceso de Responsabilidad Social Empresarial y reconocimiento por su aporte a la reducción de las pérdidas de energía.	

Fuente: Elaboración propia

En las experiencias desarrolladas en la ciudad de Santiago de Cali, se ha destinado un 20% de los beneficios para los usuarios. Por otro lado, es importante resaltar que el Decreto 111 de 2012, exige que el personal a contratar sea de la Zona Especial.

5.3.1 Evaluación y validación de la propuesta por parte del Departamento

En comité de pérdidas de energía, en donde estuvo presente la Jefe del Departamento de Control de Energía de EMCALI EICE ESP, líderes de proceso, analistas y funcionarios de apoyo se realizó una encuesta de valoración del proyecto en una escala de 1 a 5, en donde 1 es la menor calificación y 5 la más alta. El resultado es presentado en la tabla 27.

Tabla 27. Calificación y validez de la propuesta del modelo de reducción de pérdidas (MRPCE)

Cargo del funcionario	Concepto	Valor
Jefe del Departamento	Favorable	5
Líderes de proceso	Favorable	5
Analistas	Favorable	4
Funcionarios operativos	Favorable	5
Promedio de calificación		4.75

Fuente: Elaboración propia

Limitaciones: La información encontrada en los archivos del Departamento referentes a las pérdidas de energía en las Zonas especiales, no es confiable, por lo anterior se tomaron medidas nuevamente del indicador de pérdidas en las Zonas Especiales a intervenir, se realizó seguimiento a las lecturas de consumo de los Macromedidores instalados en los transformadores de distribución, se visitó el sitio del proyecto para tener una información real de la situación actual.

CONCLUSIONES

- En relación con el objetivo general, se concluye que la propuesta del modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía (MRPCE), contribuye al mejoramiento de los procesos de generación, transmisión distribución y comercialización de la energía eléctrica, evitando con esto pérdidas financieras a la empresa y por ende la compra de mas energía para atender la demanda de los usuarios de las Zonas Especiales de Santiago de Cali.
- Con relación a la evaluación económica de la propuesta del modelo mediante diferentes escenarios, y dando respuesta al objetivo específico 2, se concluye que la mejor propuesta se presenta en el escenario No 3, porque se obtienen ingresos por valor de excedentes de energía (VEX) en el orden de los \$17.892.972 y en el modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía (MRPCE) es decir, la sumatoria de todas las variables del modelo, arroja ingresos por valor de \$ 33.671.234
- En este proyecto el escenario 3 hace referencia a una secuencia estructurada de metodología de implementación de herramientas de la ingeniería industrial (Método), el cual permitió mediante el modelo propuesto cumplir con los objetivos específicos planteados y definirla como la mejor opción acorde al beneficio obtenido \$ 33.671.234.
- A pesar de que la propuesta del presente proyecto se encuentra validada por el departamento de control de energía de la empresa y se da su aprobación para su implementación, se puede presentar resistencia al cambio en otros departamentos de apoyo debido a su gran alcance, necesidad de inversión de recursos financieros e insumos y el alto compromiso requerido por parte de la gerencia y colaboradores. Sin embargo, se debe recalcar la importancia de desarrollar ventajas competitivas que posicionen en el corto, mediano o largo plazo a la empresa. Esta puede ser una limitación.
- En relación con trabajos futuros o investigaciones, la propuesta desarrollada del modelo de reducción de pérdidas comerciales de energía da pie a un trabajo de grado en donde se realice una modelación dinámica de sistemas, que puede ser con el programa Vensim. También se puede desarrollar una investigación en los aspectos sociales de la propuesta.
- Con respecto al modelo propuesto y dando respuesta a la pregunta de investigación, si es posible desarrollar un modelo para reducir pérdidas comerciales de energía en Zonas Especiales, mediante la integración o

sumatoria de diferentes variables que intervienen en los procesos de generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía.

RECOMENDACIONES

- Para el proceso de reducción de las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales de Santiago de Cali, se recomienda la implementación del Modelo de Reducción de Pérdidas Comerciales de Energía (MRPCE) teniendo en cuenta que, con las herramientas y recursos definidos, podemos mitigar este problema que impacta las finanzas de las empresas de servicios públicos.
- Por otra parte, si se quisiera acceder a los beneficios tributarios, de renta y arancelarios brindados por el Estado a través de la Ley 1715 de 2014, se recomienda asesorarse sobre los requisitos solicitados por la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME), teniendo en cuenta el manual de usuario para el solicitante, expuesto en el documento titulado “Solicitud de certificación para incentivos de proyectos de fuentes no convencionales de energía eléctrica - ley 1715 de 2014” publicado por la misma, en donde exponen el paso a paso para realizar la solicitud.
- Se recomienda que el proceso de diagnóstico para la instalación de un sistema solar fotovoltaico se inspeccione la zona de ubicación de los paneles solares con el fin de verificar las condiciones necesarias para la instalación, limpia y libre de sombras como (árboles, postes, viviendas de dos o más niveles, entre otros obstáculos que impidan la incidencia directa de la luz sobre el panel solar). Es decir que se debe realizar un estudio técnico que evalúe si es conveniente o no la realización de este tipo de tecnología, debido en que todos los casos no van a ser viable por diversos aspectos.
- Se sugiere instalar el sistema de Energía Solar fotovoltaica SFV en la Institución Educativa Isaias Duarte Cancino de la ciudad de Santiago de Cali, por razones de seguridad de las personas y los equipos; por otro lado, se recomienda replicar el proyecto en otras instituciones educativas de carácter público que permitan optimizar los recursos.
- Es recomendable que, para la reducción de las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales, se establezcan alianzas estratégicas entre la Comunidad, Alcaldía y Empresa, de tal forma que se generen beneficios que favorezcan a las partes.

BIBLIOGRAFÍA

CARBON TRUST febrero 2015, Análisis Económico y Evaluación Costo Beneficio de los Mecanismos, Herramientas y Estrategias para promoción de FNCER en Colombia.

Angie V, Rendon; Jhon S, Vargas.(2019). Propuesta de mejora de la productividad en industrias ROMIL S.A.S. Departamento de Ingeniería Industrial. Tesis de grado ICESI.

Prieto A, Ortegón E, Pacheco J,(2015). Manual de Metodología del Marco Lógico. CEPAL. Naciones Unidas.

Alomía H., Escallón, V., Ortegón K. (2007). Guía Metodológica para la realización de proyectos de grado. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad ICESI.

Banco Interamericano de Desarrollo – BID Disponible en internet en <http://www.iadb.org/int/rtc/ecourses/esp/>

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill. 6ta edición.

Instituto colombiano de normas técnicas (2008). NORMA TECNICA COLOMBIANA NTC 1486, Documentación. Presentación de tesis, trabajos de grado y otros trabajos de investigación.

IEA,2015,<http://www.iea.org/statistics/statisticssearch/report/?&country=COLOMBIA&year=2012&product=Indicators> IFC, 2014 <http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/7e5eb4804fe24994b118ff23ff966f85/ifc-drillingsuccess-report-final.pdf?MOD=AJPERES>

IRENA, 2014: The Socio-economic Benefits of Solar and Wind Energy

Iriarte. Eduardo Afanor, 2014: Asesoría especializada en la elaboración de una estrategia de desarrollo de las FNCER en Colombia, segundo informe

Fedesarrollo 2013, Análisis Costo Beneficio de las Energías no Convencionales en Colombia.

Battocletti, L. 1999: Geothermal resources in Latin America and the Caribbean. BoB Lawrence &

Hacienda, 2014:<http://www.siel.gov.co/portals/0/generacion/2014/boletin-Enero%202014.pdf>

ANEXO 1

Figura 40. Cronograma proyecto Zonas Especiales

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES - MODELO DE CONTROL DE PÉRDIDAS COMERCIALES DE ENERGÍA - ZONAS ESPECIALES.																																																		
		MES							MES 2							MES 3							MES 4							MES 5							MES 6							MES 7						
		SEMANA																																																
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29																				
CARACTERIZACIÓN	ACTIVIDADES - RECURSOS	Responsable																																																
	Planificación de actividades : Investigación y analisis de los factores que originan las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales, visitas de campo, revisión de literatura, bases de datos, reuniones con la comunidad y líderes sociales.	X	X	X	X																																													
	Investigaciones de campo y recopilación de información sobre la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía solar fotovoltaica SFV. Vistas al sitio propuesto , institución educativa Isaias Duarte Cancino, visitas de campo a la planta de energía solar fotovoltaica del CAES de energía de EMCALI E.I.C.E ESP.					X	X																																											
	Recopilación de información de campo e investigación de literatura para la construcción del arbol de problemas..							X	X																																									
DESARROLLO DEL MODELO	EJECUCIÓN DEL PROGRAMA - AJUSTES	Responsable																																																
	Recopilación de información de campo e investigación de literatura para la construcción del arbol de objetivos, la Matriz de Riesgos, Herramienta 5W 2H, y el Modelo de Diagnóstico para las Pérdidas Comerciales de Energía.									X	X	X	X																																					
	Investigación sobre el panorama de las pérdidas comerciales de energía a nivel mundial, en Latinoamérica y el Caribe , situación en Colombia y a nivel local, cual ha sido su evolución.											X	X																																					
	Recopilación de información sobre el uso de la energía solar fotovoltaica, a nivel mundial, en Latinoamérica y el Caribe Colombia, situación lical, empleos generados.													X	X																																			
ANÁLISIS DE RESULTADOS	Evaluación económica de la propuesta, escenarios de aplicación del modelo, Taller CREG, ley 1715 de 2014, mecanismos para la obtención de los incentivos tributarios UPME, desarrollo del modelo, calculos matematicos.														X	X	X	X	X	X																														
	RESULTADOS	Responsable																																																
	Analisis de resultados, respuesta a las preguntas de investigación, decisión de la mejor opción, control y seguimiento.																									X	X	X	X	X	X																			
FIN																																																		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 2

Figura 41. Plan del proyecto para Zonas Especiales

Plan del Proyecto		Fecha de inicio	Duración (días)	Recursos	Métodos	Entregables
Objetivo 1	Caracterizar el proceso de pérdidas comerciales de energía y la generación, distribución y uso de la energía solar	8/06/2019	63			
Actividad 1A	Investigación y Analisis de los factores que originan las pérdidas comerciales de energía en Zonas Especiales, Construcción de la Matriz de Riesgos Parte I, Construcción del Arbol de Problemas.	8/06/2019	14	Investigador, Director, Gasto de desplazamiento, equipo de computo, Internet.	Visitas de campo, recolección de datos, investigación de literatura, Bases de datos.	Informe actual de las pérdidas comerciales de energía en las Zonas Especiales
Actividad 1B	Elaboración del método 5W -2H, Construcción de la MML. Diagnóstico de Pérdidas Comerciales para las Zonas Especiales	22/06/2019	28	Investigador, Director, Gasto de desplazamiento, equipo de computo, Internet.	Recolección de datos, literatura disponible, bases de datos.	Matriz de Marco Logico (MML)
Actividad 1C	Panorama de las Pérdidas Comerciales de Energía, Panorama de la Generación, Distribución, uso de la energía solar fotovoltaica.	19/07/2019	21	Investigador, Gastos de desplazamiento, equipo de computo, Internet.	Visitas de campo, recolección de datos, investigación de literatura, Bases de datos.	Cronograma
Objetivo 2	Desarrollar el modelo para diferentes escenarios, mediante un método que permita su evaluación económica	30/08/2019	50			
Actividad 2A	Construcción y desarrollo del Arbol de objetivos, Elaboración de la Matriz de Riesgos Parte II y III	30/08/2019	10	Investigador, Director, Gasto de desplazamiento, equipo de computo, Internet.	Visitas de campo, recolección de datos, investigación de literatura,	Modelo de Evaluación Económica e Indicadores financieros.
Actividad 2B	Evaluación económica del proyecto, calculo del consumo de los usuarios de las Zonas Especiales, dimensionamiento del sistema solar fotovoltaico	3/09/2019	7	Investigador, Gastos de desplazamiento, equipo de computo, Internet.	Visitas de campo, recolección de datos, investigación de literatura, Bases de datos.	
Actividad 2C	Desarrollo del Modelo de Reducción de Pérdidas Comerciales de Energía.	3/10/2019	33	Investigador, Director, Gastos de desplazamiento, equipo de computo, Internet.	Recolección de datos, literatura disponible, bases de datos.	Propuesta del modelo para reducir pérdidas comerciales de energía con el sistema solar fotovoltaico
Objetivo 3	Analizar los resultados y decidir sobre la mejor opción	4/10/2019	20			
Actividad 3A	Presentación de resultados y del escenario seleccionado.	4/10/2019	20	Investigador, equipo de computo, Internet.	Informe de resultados y presentación del trabajo final	Informe de validación de la propuesta y su hoja de ruta.

Fuente adaptada Tesis ICESI. Ulises Caicedo.