



**RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA EN LA
EMPRESA CELSIA (2018-2020)**

JUAN CARLOS LÓPEZ CARDONA

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS MBA

MANIZALES

2023

**RELACIÓN EXISTENTE ENTRE LA CALIDAD DEL SERVICIO DE
ENERGÍA ELÉCTRICA Y LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA EN LA
EMPRESA CELSIA (2018-2020)**

Autor

JUAN CARLOS LÓPEZ CARDONA

Proyecto de grado para optar al título de Magister en Administración de Negocios

Tutor

DANIEL OSORIO BARRETO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MANIZALES

FACULTAD DE ESTUDIOS SOCIALES Y EMPRESARIALES

MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN DE NEGOCIOS MBA

MANIZALES

2023

DEDICATORIA

A mi madre y mi abuela, los pilares de mi formación y quienes día a día con sus oraciones ponen en manos de Dios mi camino.

A Juan Carlos Hernández y Yasmín Moreno, mis líderes al interior de la organización quienes con su inspiración me permitieron sacar fuerzas en los momentos de debilidad y seguir adelante en busca de los objetivos.

A mi equipo de trabajo, quienes día a día buscan dar lo mejor de sí en pro de los resultados y me exigen para ser la mejor versión de mí mismo como líder.

Finalmente, a esas personas que desde el silencio están allí apoyándome, refutándome, aterrizando mis ideas, guiándome por caminos por los cuales no se puede caminar solo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios antes que nada, Él ha sido infinitamente bueno conmigo. Agradecerte Señor porque me has permitido llegar al final de otro camino. En el medio se quedan muchas historias, pero haber llegado a la meta es solo obra tuya.

Agradecer de una manera especial al Padre Luis Guillermo García, mi guía espiritual y quien con su acompañamiento me ha enseñado a soltar, a no buscar controlarlo todo y que solo Dios basta para encontrar el camino correcto en aquellos momentos cuando encontrarlo por sí solo se vuelve imposible.

Gracias a mi empresa Celsia, como yo la llamo, mi bendición en forma de milagro. Por habernos cuidado de forma única en la pandemia, por haber apoyado esta idea y por permitirme soñar cada día con un proyecto nuevo.

Finalmente, agradecer de manera especial la gestión de mi director de trabajo el profesor Daniel Osorio. Gracias profe por la paciencia, por sus consejos acertados y por haber ayudado a conseguir el objetivo con todo el profesionalismo del caso.

RESUMEN

La existencia de pocos estudios que traten en un mismo objetivo vincular los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica como lo son la prestación y las pérdidas, junto con la necesidad de entender cada día más la amplitud del concepto de sostenibilidad a nivel corporativo son la principal razón de este trabajo. Los resultados arrojaron que si bien desde los datos analizados no se evidencia una correlación entre las variables técnicas y de sostenibilidad, el trabajo de campo indicó que se debe ahondar más en el estudio específico de estas variables, ya que desde lo empírico si se pueden apreciar relaciones entre prestación y pérdidas y de ellas con la sostenibilidad vista como un todo y no como dimensiones independientes. De igual manera se exploró la metodología de Valor Agregado a la Sociedad VAS conociendo su relevancia al interior de la organización y la potencialidad de la herramienta. Finalmente, las conclusiones de la investigación abren la puerta a trabajos futuros enfocados en determinar el valor agregado a la sociedad específico de proyectos particulares como una evolución del modelo True Value de KMPG y metodología base para el cálculo del VAS de Celsia y las filiales del Grupo Argos.

Palabras Claves: System Average Interruptions Duration Inedex (SAIDI), System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), Indicador de Pérdidas Totales (IPT), sostenibilidad, Valor Agregados a la Sociedad (VAS).

ABSTRACT

The existence of few studies that deal with the same objective to link the quality indicators of the electrical energy service such as the provision and the losses, together with the need to understand more and more the breadth of the concept of sustainability at the corporate level are the main reason for this work. The results showed that although from the data analyzed there is no evidence of a correlation between the technical and sustainability variables, the field work indicated that more should be done in the specific study of these variables, since from the empirical point of view they can be appreciated relationships between benefits and losses and of them with sustainability seen as a whole and not as independent dimensions. In the same way, the Value Added to the Society methodology VAS was explored, knowing its relevance within the organization and the potential of the tool. Finally, the conclusions of the research open the door to future work focused on determining the specific value added to society of particular projects as an evolution of the KMPG True Value model and the base methodology for calculating the VAS of Celsia and the Group Argos subsidiaries.

Key Words: System Average Interruptions Duration Index (SAIDI), System Average Interruption Frequency Index (SAIFI), Total Losses Index (IPT), sustainability, Value Added Society VAS).

TABLA DE CONTENIDO

1	PRESENTACIÓN	12
2	INTRODUCCIÓN	14
3	ÁREA PROBLEMÁTICA	15
4	REFERENTE TEÓRICO	20
5	OBJETIVOS	38
5.1	OBJETIVO GENERAL	38
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	38
6	METODOLOGÍA	39
6.1	ENFOQUE	39
6.2	TIPO DE ESTUDIO	39
6.3	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	39
6.4	PLAN DE ANÁLISIS	42
7	RESULTADOS	44
7.1	OBJETIVO ESPECÍFICO 1: CARACTERIZAR LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y LOS INDICADORES DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO EN EL PERIODO DE ANÁLISIS PARA LAS DIFERENTES ZONAS DEL TOLIMA	50
7.1.1	Pérdidas de energía:	50
7.1.2	Caracterización de las pérdidas por sector:	57
7.1.3	Calidad en la prestación del servicio	62
7.1.4	Caracterización del SAIDI – Visión general y por sectores	65
7.1.5	Caracterización del SAIFI - Visión general y por sectores	68
7.1.6	Acciones de CELSIA para la reducción de pérdidas y mejora en la prestación del servicio.	71
7.2	OBJETIVO ESPECÍFICO 2: IDENTIFICAR LA RELACIÓN ENTRE LAS DEFICIENCIAS EN LA CALIDAD DEL SERVICIO Y LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA DEL NEGOCIO	75
7.2.1	Dimensiones de sostenibilidad en Celsia	75
7.2.2	Resultados del análisis de correlación entre prestación del servicio y pérdidas de energía por zona	84
7.2.3	Resultados del análisis calidad VS sostenibilidad económica del negocio:	94

7.3	OBJETIVO ESPECÍFICO 3: ANALIZAR EL VALOR AGREGADO A LA SOCIEDAD VAS PRODUCTO DE LAS MEJORAS EN CALIDAD DEL SERVICIO (OPTIMIZACIÓN EN LA PRESTACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS).	101
7.1.1	Valor agregado a la sociedad de un proyecto particular en Celsia:.....	102
7.1.2	Valor agregado a la Sociedad de Celsia 2021	105
8	DISCUSIÓN	116
9	CONCLUSIONES	120
10	RECOMENDACIONES	122
11	REFERENCIAS	123

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de los principales trabajos revisados	31
Tabla 2. Resumen de Variables	40
Tabla 3. Comparación Celsia 2017 VS 2022	44
Tabla 4. Pérdidas de Energía en CELSIA mercado Tolima	48
Tabla 5. Resumen inversión proyecto reducción de pérdidas	73
Tabla 6. Resultados gobierno corporativo. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.....	95
Tabla 7. Resultados materialidad. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.....	95
Tabla 8. Resultados gestión de riesgos y crisis. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.....	96
Tabla 9. Resultados código de conducta. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.....	97
Tabla 10. Resultados gestión de la relación con el cliente gobierno corporativo. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica	98
Tabla 11. Resultados influencia política. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.....	99
Tabla 12. Resultados gestión de cadena de suministro. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica	100
Tabla 13. Resultados seguridad de la información. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.....	100
Tabla 14. Resultados gestión de la innovación. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica.....	101
Tabla 15. Indicadores del proyecto.....	104

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa mental del sector eléctrico en Colombia.....	12
Figura 2. SAIDI y SAIFI en Tolima.....	16
Figura 3. Senda de reducción de pérdidas Tolima.....	17
Figura 4. Planteamiento del Problema.....	18
Figura 5. Ubicación geográfica de las subestaciones de CELSIA TOLIMA.....	45
Figura 6. Demanda promedio Celsia Tolima 2018.....	46
Figura 7. Demanda máxima mensual CELSIA mercado Tolima 2015-2018.....	47
Figura 8. Pérdidas en STR de la Red de CELSIA mercado Tolima.....	49
Figura 9. Evolución del IPT según la interpretación establecida en la Res. 015/2018 (curva negra) vs. interpretación ajustada (curva amarilla) para el caso de Celsia mercado Tolima.	52
Figura 10. Evolución histórica del índice de pérdidas totales de Celsia mercado Tolima. ..	54
Figura 11. Evolución de pérdidas por sector – Zona Norte.....	58
Figura 12. Indicadores mensuales sector norte.....	59
Figura 13. Indicadores mensuales sector centro.....	59
Figura 14. Evolución de pérdidas por sector – zona sur.....	60
Figura 15. Indicadores mensuales sector sur.....	61
Figura 16. Indicadores mensuales sector oriente.....	61
Figura 17. Clasificación de interrupciones.....	63
Figura 18. Metas de mejora en SAIDI y SAIFI.....	64
Figura 19. Comparación SAIDI por zonas.....	66
Figura 20. Comportamiento SAIDI zona sur.....	67
Figura 21. Comportamiento SAIDI zona norte.....	67
Figura 22. Comparación SAIFI por zonas.....	68
Figura 23. Comportamiento SAIFI zona sur.....	69
Figura 24. Comportamiento SAIFI zona norte.....	70
Figura 25. Senda de reducción de pérdidas Celsia Tolima – CREG 015 de 2018.....	72
Figura 26. Resumen inversiones mejoramiento de calidad.....	74

Figura 27. Componentes de la dimensión económica de la sostenibilidad	79
Figura 28. Componentes de la dimensión ambiental de la sostenibilidad.....	81
Figura 29. Componentes de la dimensión social de la sostenibilidad	84
Figura 30. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona sur....	85
Figura 31. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona Oriente	87
Figura 32. Análisis de correlación IPT VS SAIDI zona oriente	88
Figura 33. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona centro	90
Figura 34. Análisis de correlación IPT VS SAIDI zona centro	91
Figura 35. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona norte	93
Figura 36. Variabilidad en la calificación de riesgos	97
Figura 37. CANVAS integralidad del negocio Celsia.....	103
Figura 38. VAS Celsia 2021.....	109
Figura 39. Valor económico Celsia 2021.	110
Figura 40. Valor Social Celsia 2021.....	112
Figura 41. Valor ambiental Celsia 2021.....	113
Figura 42. Árboles sembrados por Celsia. Fuente: Celsia.....	115

1 PRESENTACIÓN

Actualmente, Colombia cuenta con 29 empresas prestadoras del servicio público de energía eléctrica las cuales se encargan de ejecutar el principio de cobertura. Si bien la cobertura hoy tiene un grado de madurez importante si se hace una regresión de diez años, hay un reto mayúsculo en la calidad de prestación del servicio ya que es lo que esperan y exigen todos los usuarios o también llamados clientes; un servicio con la menor cantidad de interrupciones y que ante la presencia de fallas el restablecimiento sea lo más rápido posible.

Por otro lado, los sistemas regionales administrados por los agentes distribuidores y comercializadores, ha adolecido del fenómeno del hurto de energía (definido como un delito en la legislación colombiana (Córdoba, 2000)) donde los usuarios mediante la manipulación de las redes de distribución y de los equipos de medida, buscan alterar los consumos registrados para pagar menos al comercializador. Esto se denomina pérdidas de energía.

La Figura 1 muestra un resumen de cómo está compuesto el sector eléctrico en Colombia.

Figura 1. Mapa mental del sector eléctrico en Colombia



Fuente: Elaboración propia, 2023.

Celsia Colombia S.A E.S.P es una empresa de origen antioqueño la cual está presente en todos los eslabones de la cadena de suministro de la energía eléctrica en el país como se muestra en el mapa anterior y tiene cobertura en los departamento de Valle del Cauca, Tolima y Costa Caribe.

El mercado más reciente en el que Celsia ha incursionado es en el del departamento del Tolima donde es el operador de red y comercializador predominante.

Los dos principales retos que se encontró la empresa al adquirir los activos de la anterior Compañía Energética del Tolima Enertolima S.A E.S.P, fue la situación de la regular calidad del servicio y las altas pérdidas de energía.

Para buscar la mejora de la calidad y la reducción de las pérdidas, la empresa debe incurrir en altos gastos no solo financieros sino también en percepción, imagen y gobierno corporativo. Mediante este trabajo se pretende determinar la relación que existe entre esas variables de calidad y la sostenibilidad económica del negocio de transmisión y distribución en el mercado del Tolima operado y administrado por Celsia.

2 INTRODUCCIÓN

Partiendo de la premisa “*el suministro y uso sostenible de energía para el mayor beneficio de todas las personas*” establecido por el World Energy Council WEC como tema de impacto mundial en 2021, la idea de investigación del presente estudio nace en el seno de los procesos operativos del Celsia Colombia S.A E.S.P, donde día a día se trabaja para optimizar los niveles de calidad del servicio mejorando los indicadores que miden la prestación, aumentando el nivel de aceptación de los clientes y reduciendo los niveles de pérdidas que afectan los ingresos de la Compañía y la operación del sistema.

Es indudable que, desde la llegada de Celsia al departamento del Tolima, en los últimos dos años la calidad del servicio ha mejorado, sin embargo, la brecha aún se debe reducir para llegar a los valores de la media nacional y en especial a valores que la empresa tiene en otros lugares del país como es el Valle del Cauca. El *¿por qué?* de esta investigación emana precisamente de la relevancia de la mejora de la calidad del servicio y la pertinencia de hacer sostenible económicamente el negocio ya que para que la empresa pueda tener mejoras importantes en prestación del servicio y reducción de pérdidas se deben hacer grandes inversiones.

El cumplimiento de los objetivos de este estudio, se traducen en gestión de la innovación al interior de la compañía en pro de nuevos modelos que permitan optimizar los procesos para obtener mejores resultados a corto, mediano y largo plazo. De igual manera, hacer cada día más sostenible económicamente el negocio se verá reflejado indudablemente en rentabilidad corporativa e impulsará el desarrollo regional, no solo en el departamento del Tolima, sino en departamentos vecinos con los que se comparten territorios y comunidades como Huila, Caldas, Quindío y Cundinamarca.

3 ÁREA PROBLEMÁTICA

Grupo Argos es una holding de infraestructura de origen antioqueño, líder en el negocio del cemento y con un portafolio diferenciado e innovador tanto en energías convencionales como renovables.

El portafolio de energía está en cabeza de Celsia Colombia S.A E.S.P la cual hoy es el resultado evolutivo de varias empresas tradicionales en diferentes territorios de Colombia; tal como ocurrió en el Valle del Cauca alrededor de 1994 cuando existía la CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca) y por una decisión gubernamental se escindió de ella el componente eléctrico, lo cual fue el origen de la Empresa de Energía del Pacífico EPSA. En 2009 la aún Colinversiones adquirió por medio de Colener la participación mayoritaria de EPSA y CETSA (Compañía de energía de Tuluá S.A E.S.P) convirtiéndose así en el operador de red de todo el departamento con excepción de Cali. En 2012 Colinversiones decidió cambiar su denominación social como expresión del proceso de transformación estratégica y focalización en el sector de la energía y nace Celsia.

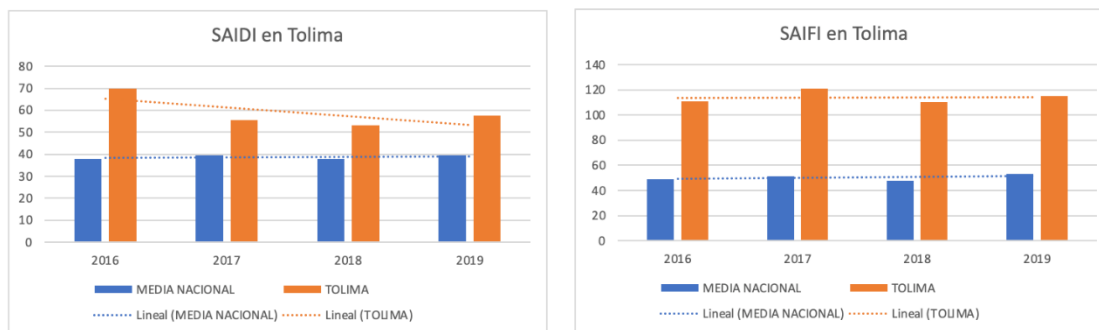
Así mismo, en el departamento del Tolima para 2013 existía la empresa estatal Electrolima la cual fue liquidada en 2013. Ya privatizada se denominó Compañía Energética del Tolima ENERTOLIMA S.A E.S.P y en junio de 2019 sus activos pasan a ser propiedad de Celsia convirtiéndose así en el nuevo operador de red de los tolimeses. Desde que inicia sus operaciones en Tolima se traza dos metas principales: i) partir en dos la historia de la calidad del servicio de energía eléctrica en el departamento mediante el aumento de inversión consciente y operativa de mantenimiento y ii) reducir al máximo las pérdidas de energía con presencia en todo el departamento.

Diferentes puntos de vista técnicos y académicos han sugerido que tanto la prestación del servicio como las pérdidas de energía son variables de calidad y en esa línea serán tratadas en este trabajo para asociarlas con la sostenibilidad económica y poder encontrar su relación.

Es acertado afirmar que el problema de la calidad del servicio no es ajeno a ningún operador de red en Colombia, teniendo en cuenta que, como lo muestra la Figura 3, la calidad depende de muchos factores como la ruralidad y dispersión de los mercados, el clima en las diversas zonas geográficas, la condición de los activos eléctricos y las inversiones, los compartimientos sociales, culturales y las voluntades políticas y/o de los inversionistas. Hoy los promedios en los indicadores de medición (Duración SAIDI y frecuencia SAIFI) están significativamente por encima de las métricas de otros países de la región.

A nivel nacional, el Tolima ha estado entre los departamentos con indicadores de calidad del servicio más críticos. Mediante los informes de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (SSPD, 2017), (SSPD, 2018), (SSPD, 2019) y (SSPD, 2020) se han construido las gráficas que se muestran en la Figura 2 para resumir el comportamiento de los indicadores a lo largo de los últimos años.

Figura 2. SAIDI y SAIFI en Tolima.



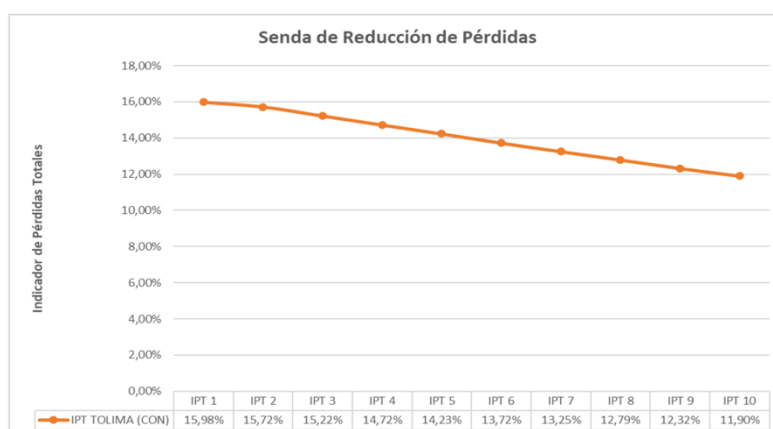
Fuente: SSPD, Elaboración propia, 2023.

Así mismo, el comportamiento de las pérdidas de energía es un factor de análisis permanente en las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica a nivel mundial como se muestra en (Costa-Campi et al., 2016) debido al impacto económico que conlleva este fenómeno, ya que es energía que se debe comprar para suplir la demanda pero que no se obtiene ningún pago por su consumo. Acá es determinante la cultura de pago y hurto en

las diferentes zonas del departamento y el factor socio-económico teniendo en cuenta el costo del servicio.

El indicador de pérdidas totales IPT calculado mediante lo dispuesto en la Resolución CREG 015 de 2018, indicó que para cierre de 2019 el valor fue de 15,85% asegurando el cumplimiento del primer año de la senda de reducción que la empresa presentó al Regulador para en diez años llegar a un indicador del 11,9%, cumpliendo la senda que se muestra en la Figura 3.

Figura 3. Senda de reducción de pérdidas Tolima



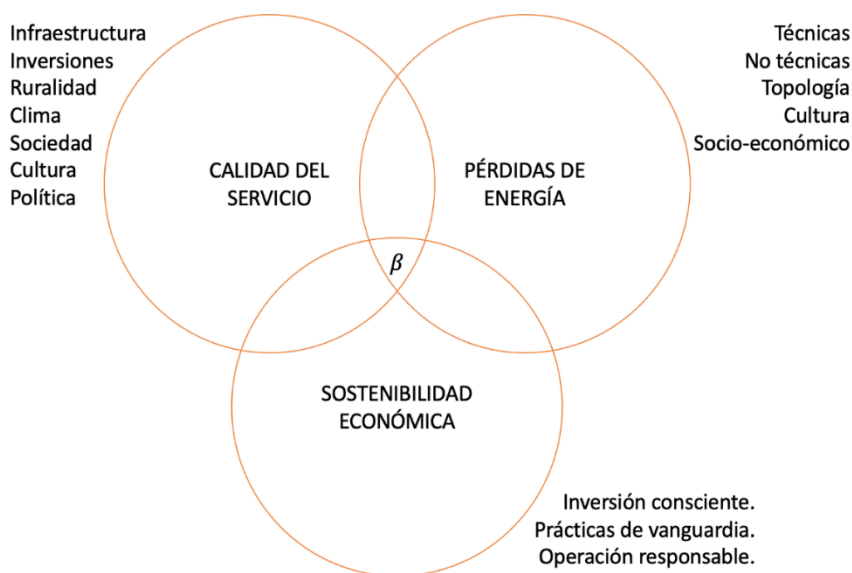
Fuente: Plan de pérdidas Celsia Tolima

Surge entonces la pregunta que se ha tomado como orientadora y base de este estudio: ¿Cuál ha sido la relación existente entre la calidad del servicio de energía eléctrica y la sostenibilidad económica del negocio en Celsia -mercado Tolima- desde 2018 a 2020?

Beta en la Figura 4 representa la relación entre las variables de calidad y la sostenibilidad y será el elemento que permitirá dar respuesta a la pregunta de investigación.

Estudiar la calidad del servicio en las dos variables que se ha propuesto buscando su relación con la sostenibilidad en la dimensión económica tiene un interés de doble vía: académica y empresarial.

Figura 4. Planteamiento del Problema.



Fuente: Elaboración propia.

En la búsqueda de literatura, se ha podido observar que falta profundizar en el vínculo presuntivo entre variables técnicas con elementos tan importantes hoy como la sostenibilidad, allí se encuentra la novedad más importante de este trabajo y está asociada a tratar temas poco explorados en conjunto. Por otra parte, la utilidad está estrechamente relacionada con la organización en mención y similares de tal manera que facilite la toma de decisiones a nivel estratégico acorde al mercado de energía eléctrica y el proceso de transición energética que se vive actualmente en el país. Finalmente, la pertinencia es clara para la academia y sectores afines a la organización y sus *stakeholders* en el marco de los nuevos retos del mercado energético en un marco de sostenibilidad.

Para CELSIA el beneficio directo está en que los resultados de esta investigación le permitirá obtener información relevante que se traduzca en diseñar herramientas para optimizar el desempeño del sistema eléctrico y cumplir con la propuesta de valor hecha a los clientes: un servicio de energía digno para todos, de una manera tal que mantenga o

aumente la sostenibilidad económica del negocio. Para la Compañía es fundamental la sostenibilidad en todas sus dimensiones, sin embargo la económica es la que asegura poder seguir agregando valor a la marca. Así pues, todos los agentes interesados desde los inversionistas hasta los clientes serán beneficiarios indirectos de la investigación.

4 REFERENTE TEÓRICO

La energía en toda la extensión de su significado es fundamental para realizar cualquier trabajo, desde la microscópica cantidad de energía que requiere una célula para cumplir con sus funciones biológicas hasta la cantidad astronómica de energía que requiere una siderúrgica para fundir desechos y convertirlos en barras, perfiles y un sinfín de partes de acero y hierro. En ese abanico de tipos de energía se encuentra la eléctrica, o comúnmente llamada “*electricidad*”, la cual desde su descubrimiento revolucionó el mundo. En palabras de M. González *ya nadie pone en duda que el siglo XX ha traído el inicio de la tercera revolución industrial caracterizada por un nuevo vector energético que es la electricidad; ella ha reemplazado al carbón y al petróleo protagonistas de las revoluciones anteriores* (González Ruiz, 2013).

El ciclo de vida de la energía eléctrica está caracterizado por cuatro procesos principales: generación, transmisión o transporte, distribución y comercialización y en ese entorno se han desarrollado empresas y entidades encargadas de administrar, operar, vigilar y regular cada eslabón de la cadena para que el objetivo de llevar la energía desde los lugares donde se genera hasta los usuarios finales (industrias, comercios, hogares, etc) se cumpla.

Cada elemento del ciclo tiene características particulares que implican una evaluación constante del estado del arte en tecnología y desarrollo, ya que todos los días se piensa en la optimización de los procesos y “hacer más con menos”. El proceso de generación es quizá el que más se ha abierto en los últimos años, promoviendo la implementación de fuentes no convencionales de energía renovable FNCER y logrando diversificar la matriz de generación global impactando entre otros elementos el cambio climático y aportando a la reducción de la huella de carbono, tal y como se ha planteado en Global Risk Report desde 2019 (World Economic Forum, 2021). Resulta interesante lo expuesto por S. Ren *et al* en su escrito “Emergy evaluation of power generation systems” donde para 2020 el 8.80% de energía total generada en el mundo provino de fuentes

renovables, principalmente sol (fotovoltaica) y viento (eólica) y plantea indicadores de evaluación de emergencia para la eficiencia de los mismos (Ren et al., 2020).

Desde el punto de vista de la transmisión y/o transporte, por definición consiste en el traslado a altas tensiones, típicamente hasta 1000 kV en algunos países europeos y asiáticos, 500-750 kV rango de países de norte y sur América, de la energía generada lejos de los centros de consumo mediante líneas de transmisión soportadas en monumentales torres que atraviesan ciudades, departamentos y en ocasiones países, como es el caso de la línea de interconexión a 230kV entre Colombia y Ecuador (Betancourt, 2017).

La transmisión actualmente atraviesa grandes retos por la entrada al sector de las llamadas Smart Grids o redes inteligentes y a esta altura se destaca el trabajo realizado por (Roldán Zapata, 2014), donde se plantea que Colombia aún tiene un largo camino que recorrer en la evolución del Sistema Interconectado Nacional SIN teniendo en cuenta el aumento de la demanda, la interconexión con mercados de Centro y Sur América y la aparición de nuevos actores en el sistema de transmisión.

Hasta este punto el ciclo de vida de la energía resulta ser muy similar en todo el mundo, llegando a los dos últimos eslabones: distribución y comercialización, en donde entran a jugar factores particulares de los países tales como sus políticas internas de competencia y mercado, los temas legislativos, regulatorios y técnicos, así como el comportamiento político y social de las diferentes culturas lo cual tiene un impacto directo sobre la demanda.

En Colombia el negocio de la energía eléctrica se ha denominado por muchos años un monopolio, sin embargo, el comportamiento del sector demuestra que estamos ante un oligopolio donde pocas empresas tienen el dominio del mercado (AceroGeiber, 2013).

Los sucesos acontecidos en el país iniciando el siglo XX relacionados con el sistema eléctrico, quedarán en la memoria de todas las personas que vivieron en esta época. Resulta relevante lo descrito en (Galán & Pollitt, 2014) cuando de contextualizar los hechos se

trata, teniendo en cuenta que para 1994 el país vivía una situación compleja desde muchos puntos de vista (violencia social, pobreza, entre otros) y tener que soportar las deficiencias en la prestación del servicio de energía eléctrica por parte de la mayoría de agentes resultaba insostenible. Las empresas de electricidad en su mayoría eran propiedad del Estado y la poca eficiencia administrativa, operativa y financiera se tradujo en una condición técnica inaceptable (Sandoval, 2004). Era necesario estructurar una reforma que permitiera pensar en un futuro promisorio, entendiendo al servicio de electricidad como el eje fundamental para el desarrollo y el crecimiento de las naciones.

Lo que se vivía en Colombia no era ajeno a lo que se presentaba en otros países de la región. Como se puede observar en (Pollitt, 2008) se destaca el ejemplo de Argentina como uno de los primeros países suramericanos en entender que se requería una reforma en el sector eléctrico seguido por Chile en una cruzada por garantizar el desarrollo social y económico; así mismo, Perú apalancó su desarrollo económico en la optimización del sistema eléctrico (Tovar, 2009). El Estado colombiano y sus asesores internacionales tomaron como base de la reforma el esquema exitoso de Reino Unido conocido por ser pionero en desarrollo de los mercados e infraestructura eléctrica.

La reforma en el país comenzó a dar luces con la Constitución Política de Colombia CPC en 1991, donde se incluyeron elementos de libre competencia con la única premisa de tener eficiencia y calidad en la prestación de los servicios públicos, fuere cual fuere este (electricidad, alcantarillado, gas) y quedaba en manos del Estado únicamente la supervisión, regulación y control de las empresas prestadoras. Ver artículo 365 de la CPC (Corte constitucional & Consejo Superior de la Judicatura, 2016). Esto abrió la puerta a que muchas empresas se privatizaran.

Más adelante se suscriben las leyes 142 y 143 de 1994 llamadas “*Ley de servicios públicos*” y “*Ley de electricidad*” respectivamente; se dio un primer paso con apariencia de salto cuántico y se conoce como *La Reforma de 1994*.

La Ley 142 (Congreso de Colombia, 1994a) establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y nace la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD como ente de control para las empresas prestadoras de servicios de acueducto, alcantarillado, aseo y energía eléctrica.

Por su parte la Ley 143 (Congreso de Colombia, 1994b) establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional y se determina incluir dentro del Plan de Desarrollo anual disposiciones que permitan fortalecer el sector eléctrico año a año.

Adicionalmente se definen con mayor rigor las competencias del Ministerio de Minas y Energía MME reestructurado en 1992, nace la Unidad de Planeación Minero-energética UPME como la evolución de la antigua Comisión Nacional de Energía y finalmente nace la Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, encargada de expedir las regulaciones, determinar las políticas y definir los asuntos tarifarios del sector, obligaciones que en el pasado se encontraban adscritas al Departamento Nacional de Planeación (Sandoval, 2004).

A partir de *La Reforma* adquiere una relevancia particular la calidad del servicio vista desde dos aristas:

- i) La primera desde una perspectiva de la prestación en términos de frecuencia en la ocurrencia de las interrupciones (FIU posteriormente SAIFI), así como de la duración de dichas interrupciones (DIU posteriormente SAIDI) (Comisión de regulación de Energía y Gas, 2002) y (Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG et al., 2018). Ver Tabla 1 para conocer detalles sobre la forma de cálculo de estas variables.
- ii) La segunda en términos de operación eficiente del sistema enfocado en las pérdidas de energía las cuales se pueden presentar por dos vías: de tipo técnico (propias del sistema) y de tipo no técnico (por factores exógenos como la intervención del hombre).

Estos factores afectan directamente a los agentes prestadores del servicio y a sus clientes y son variables no deseadas del sistema ya que afectan la capacidad de operación especialmente las pérdidas. Resulta de utilidad el aporte hecho por (López-Cariboni, 2018) en su estudio donde busca correlacionar ciclos económicos con las pérdidas de energía y concluye que estas son fuertemente contracíclicas en las democracias como Colombia. Desde *La Reforma* se ha buscado mitigar el efecto de las pérdidas en el Sistema Interconectado Nacional, sin embargo, aún Colombia presenta niveles por encima de las medias en la región.

El Banco Mundial por medio de su programa de “*Asistencia para la Gestión del Sector Energético*” elaborado desde la unidad “*Red de Finanzas, Desarrollo del Sector Privado e Infraestructura*”, iniciaron en 2005 un estudio titulado “*Colombia, desarrollo económico reciente en infraestructura – equilibrio entre las necesidades sociales y productivas de infraestructura*” (WorldBank, 2004) y en él se puso de manifiesto la necesidad latente de invertir en mejoras estructurales del sistema eléctrico nacional que permitieran cambiar la percepción de los usuarios en cuanto a la calidad en la prestación del servicio por parte de los operadores de red (agentes) y que esas inversiones fueran también alineadas con la optimización del sistema eléctrico, especialmente en el manejo de las pérdidas de energía, debido a que estas afectan la capacidad de utilización de las redes y afectan financieramente a los comercializadores.

Para la fecha de elaboración del informe final, se estableció que la cantidad de interrupciones promedio por cliente fueron en 2005 de 185.7 veces y la duración promedio fue de 66 horas, hecho que generó una alarma teniendo en cuenta que la media en Latinoamérica y el Caribe fue de 13 interrupciones por cliente con una duración promedio de 14 horas, identificando una brecha relevante. De igual manera, referente a las pérdidas de energía (técnicas y no técnicas consolidadas) sin desconocer que desde la implementación de los planes de expansión aprobados por la Unidad de Planeación Minero-energética UPME la topología de las redes ha favorecido a que las pérdidas técnicas disminuyan y los planes sociales y de recuperación de los comercializadores a que las pérdidas no técnicas se sostengan en niveles admisibles, se

siguen teniendo valores por encima de los niveles medios de la región. Para 2005 el índice de pérdidas totales en Colombia rondó el 16% cuando el promedio en la región se encontraba por debajo del 14% (World Bank Group, n.d.).

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios SSPD viene elaborando desde 2016 estudios anuales a manera de diagnóstico (última versión disponible publicada en 2020), con el objetivo de presentar la evolución de la calidad del servicio de energía eléctrica prestada por los agentes distribuidores de electricidad del país acogidos a las definiciones establecidas en las resoluciones vigentes que la CREG ha emitido para tal fin, en este caso la Resolución CREG 015 de 2018. Para la elaboración de estos informes, la SSPD ha empleado como fuente primaria los reportes diarios que cada operador de red construye con respecto a los eventos que generan interrupciones en el suministro de energía en su área de influencia, reportes hechos al SUI (Sistema Único de Información).

Al interior de las empresas del sector eléctrico, se ha promovido el estudio investigativo en temas relacionados con la calidad del servicio, muestra de ello es el ejercicio realizado por (Jiménez, 2015) donde expone un estudio de indicadores de prestación en redes de distribución enfocado a la Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC.

Por otro lado, están las pérdidas no técnicas que son las que se considerarán en este estudio. Son un tipo de pérdidas que se presentan por comportamientos indebidos de los usuarios tales como hurtos, manipulación de las redes y/o intervención de los equipos de medición para su registro alterado y no pagar lo que realmente consumen. Por su impacto en las empresas y en la sociedad, se ha estudiado desde la perspectiva de la economía del crimen como lo plantea (Avendaño & Pulido, 2014) en su estudio titulado *"El hurto de energía eléctrica y cambios regulatorios en zonas de Cundinamarca: Una mirada desde la economía del crimen"*.

Con el objeto de mitigar los efectos de las pérdidas no técnicas, la tecnología de los equipos de medición y en sí misma la configuración del sistema como tal, ha evolucionado. Muestra de ello son los esfuerzos que se emplean para implementar sistemas de seguridad

para los medidores inteligentes los cuales se instalan masivamente hoy en Colombia (Sáenz, 2015) y que para 2030 se encontrarán en el 70% de los clientes en las zonas urbanas del país. Aún así, las modalidades de hurto han ido a la par del desarrollo tecnológico. En este punto resulta relevante lo planteado en (López-Cariboni, 2018) donde los autores han hecho una investigación exhaustiva para concluir que hay una relación estrecha entre los ciclos económicos de los países en desarrollo como Colombia y las pérdidas en distribución. Un elemento destacado es donde mencionan que *“Los resultados confirman que las pérdidas son acíclicas en las autocracias y fuertemente contracíclicas en las democracias”*.

El 25 de septiembre de 2015, los líderes mundiales adoptaron un conjunto de objetivos globales para erradicar la pobreza, proteger el planeta y asegurar la prosperidad para todos como parte de una nueva agenda de desarrollo sostenible con visión a 2030. La Organización de las Naciones Unidas ONU llamó a la iniciativa *“agenda 2030 sobre el desarrollo sostenible”* y dicha agenda cuenta con los denominados *“17 objetivos de desarrollo sostenible”*. El séptimo objetivo se denominó *“energía asequible y no contaminante”* cuyo fin principal es garantizar el acceso a fuentes de energía de forma fiable, sostenible y moderna (ONU, 2017). Dentro de su amplio alcance se destacan los siguientes asuntos:

- i) Accesibilidad y disponibilidad de la energía.
- ii) Eficiencia energética.
- iii) Calidad de la energía.
- iv) Energías renovables.

En línea con lo anterior y adentrándose en otros campos organizacionales, al interior de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en Colombia se ha hablado de responsabilidad social desde mucho tiempo atrás, sin embargo, nunca había tomado tanta fuerza como hoy donde el ser humano es el centro de la organización y el enfoque al cliente un reto.

Menciona la UNESCO que el concepto de sostenibilidad surge por vía negativa, como resultado de los análisis de la situación del mundo a inicios de la década de los 2000 (Macedo, 2005), sin embargo, hoy se logra entender el término como la evolución de las definiciones de desarrollo sostenible y responsabilidad social la cual en principio estaba más enfocada a la mitigación de impactos.

La Sostenibilidad es entonces una visión de largo plazo que busca contribuir a la solución de retos globales en materia económica, social y ambiental, la cual busca una operación responsable con el ambiente, el entorno, las personas y las comunidades. Así pues, vista desde la esfera de los negocios enmarcados en las políticas monetarias actuales como es el caso de las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica, la sostenibilidad se mide en términos de la eficiencia de sus operaciones (Smith & Zapata, 2000) y sus respectivos impactos en las dimensiones ambiental, social y económica.

Finalmente, la sostenibilidad se ha catapultado como marco estratégico en muchas organizaciones y se desea vincular como idea culmen de este proyecto de investigación. En palabras de M. González directora de sostenibilidad del Grupo Argos, *la sostenibilidad es una visión de largo plazo que busca contribuir a la solución de retos globales en materia económica, social y ambiental con lo cual se permite mitigar riesgos e identificar oportunidades en un contexto de negocio que es cambiante* (Argos, 2019). Los tres principios que enmarcan la sostenibilidad en el Grupo son: i) inversión consciente, ii) prácticas de vanguardia y iii) operación responsable.

Resulta interesante analizar las diferentes metodologías que se tienen en cuenta en Celsia para reportar los resultados organizaciones cada año; dentro de las que se destacan: GRI (Global Reporting Initiative), SABS (Consejo de Normas de Contabilidad de Sostenibilidad) y TFCF (Task Force Climate-related Financial Disclosures). En los últimos años, Grupo Argos y todas sus filiales ha implementado a nivel interno la metodología VAS (por sus palabras en inglés *Estado de Valor Agregado*), la cual permite cuantificar o monetizar los impactos de las externalidades sobre el negocio, explorando

particularmente la dimensión económica (Fundacion Entorno & Argos, 2019) y será empleada en el desarrollo del estudio.

Extraído de (Celsia, 2019) el VAS es *“un ejercicio de valoración económica de externalidades, que nos permite comprender cómo sumamos o reducimos valor social, identificando riesgos y oportunidades relevantes que contribuyan a garantizar nuestra permanencia en el tiempo”*. Las utilidades más destacadas de esta herramienta son:

- Permite identificar y valorar impactos sociales, económicos y ambientales.
- Tiene una relación directa con la sostenibilidad.
- Ayuda a la efectividad en las inversiones.
- Apoya en la toma de decisiones para que estas sean más conscientes y sustentadas.
- Adaptación y agilidad en un entorno cambiante.
- Gestión adecuada y anticipada de riesgos.
- Transparencia con grupos de interés.

Teniendo en cuenta que el objetivo principal de las empresas es generar valor y hacerlo sostenible en el tiempo, la academia se ha preocupado por estudiar esta variable desde sus tres dimensiones (ambiental, social y económica) y se destaca el trabajo de varios autores que se han tomado como referentes para este trabajo.

- En un estudio reciente (Soroush et al., 2021) Empleando un enfoque de análisis estocástico analizó a 107 empresas italianas del sector eléctrico con el fin de demostrar que aquellas que tienen un mejor control sobre la corrupción interna, gobierno corporativo y enfoque en el ciudadano (cliente) tienden a ser más rentables y sostenibles en el tiempo.
- En el mismo años (Muller & Rego, 2021) presentaron los resultados del análisis estadístico hecho a las empresas distribuidoras de electricidad en Brasil privatizadas entre 1995 y 2000 demostrando que la privatización de las empresas ayuda a mejorar los indicadores de prestación, pérdidas y rentabilidad.

- En el ámbito empresarial alejado de la energía también se han realizado estudios para analizar la sostenibilidad económica, tal como ocurre en (Machen et al., 2021) los autores plantean un criterio que resulta interesante para evaluar la sostenibilidad económica de un negocio.
- También muy recientemente, (Correa-Garcia et al., 2020) estudian los factores que determinan la calidad de los informes de sostenibilidad en los grupos empresariales latinoamericanos. Los resultados muestran que la concentración de control en los grupos afecta negativamente la calidad de los informes de sostenibilidad.
- Finalmente y muy en el camino de esta investigación se tiene en cuenta las apreciaciones de (de Oliveira Ventura et al., 2020) donde compara las soluciones implementadas en Suramérica para reducir las pérdidas no técnicas y presenta un índice de correlación con la calidad del servicio aunque el enfoque está dirigido hacia el ámbito regulatorio.

Así pues, al interior de Celsia también se analiza la sostenibilidad desde sus dimensiones: ambiental, social, económica y en noviembre de 2020 fue reconocida como una de las empresas más sostenibles del mundo en el sector energético por el Dow Jones Sustainability Index (Grupo Argos, 2020), calificación que fue ratificada en 2021 donde la Compañía se destacó como la mejor de su industria en Colombia y la octava a nivel global (Gutierrez, 2021). La empresa fue reconocida por su liderazgo en el desarrollo de energías renovables y obtuvo puntajes destacados en innovación, riesgos y manejo de crisis, reporte ambiental y social, riesgos relacionados con el cambio climático y estrategias para mitigarlo.

La dimensión ambiental se compone de los siguientes aspectos: cambio climático, gestión de emisiones (huella de carbono), ecoeficiencia, biodiversidad y gestión de recursos energéticos. Así mismo, la dimensión social está compuesta por cultura, talento, calidad de vida y contribución a la sociedad. Finalmente, la dimensión económica la conforman el crecimiento económico, el abastecimiento sostenible, gobierno corporativo, ética y transparencia, gestión de riesgos, experiencia de cliente y los derechos humanos al interior de la organización (Celsia, 2021).

El cuadro a continuación resume la revisión de literatura, la cual desde un contexto global, ha ayudado a dar sustento a este capítulo y cada recurso se ha clasificado en las categorías de análisis del planteamiento del problema así:

Tabla 1. Resumen de los principales trabajos revisados

NÚCLEO	TÍTULO	REFERENCIA	JORNAL	IDEA PRINCIPAL
CPS	From public service access to service quality: The distributive politics of piped water in Bangalore.	Kumar et al., (2022)	World Development.	Los autores se centran en la intermitencia de los servicios públicos (agua y electricidad) y profundizan en sus diversas dimensiones incluyendo variables socioeconómicas. Toman como base un caso urbano en la India y argumentan que no basta con presencia si no se corrige la intermitencia.
S	Network utilities performance and institutional quality: Evidence from the Italian electricity sector.	Soroush et al., (2021)	Energy Economics.	Empleando un enfoque de análisis estocástico se presenta el estudio a 107 empresas italianas del sector eléctrico con el fin de demostrar que aquellas que tienen un mejor control sobre la corrupción interna, gobierno corporativo y enfoque en el ciudadano (cliente) tienden a ser más rentables
CPS, PE	Quality of service predicts willingness to pay for household electricity connections in rural India.	Kennedy et al., (2019)	Energy Policy	Se parte de la hipótesis que a “las variables que hacen propenso el pago por la conexión del servicio de electricidad” no se les ha prestado la suficiente atención. Utilizando datos de la India rural y empleando el modelo de selección de Heckman, los autores presentan un estudio de la incidencia de la calidad en la prestación del servicio sobre la cultura de pago de los clientes.
CPS, S, PE	Privatization of electricity distribution in	Muller & Rego, (2021)	Energy Policy	En este estudio se presentan los resultados del análisis estadístico hecho a las empresas

	Brazil: Long-term effects on service quality and financial indicators.			distribuidoras de electricidad en Brasil privatizadas entre 1995 y 2000. Se demuestra que la privatización de las empresas ayuda a mejorar los indicadores de prestación, pérdidas y rentabilidad.
CPS	Estimating the effects of restructuring on the technical and service-quality efficiency of electricity companies in China.	Deng et al., (2018)	Utilities Policy	En 2002 se presentó en China la llamada “Reestructuración de la electricidad”. Se presenta en este artículo el resultado del análisis a 31 empresas del sector para demostrar que la reestructuración favoreció la evolución en términos técnicos impactando positivamente la calidad en la prestación del servicio, aunque menciona que la variable climática sigue siendo un factor determinante.
CPS, PE	Service quality, technical efficiency and total factor productivity growth in Pakistan's post-reform electricity distribution companies.	Mirza et al., (2021)	Utilities Policy	En 1998 se inició en Pakistan la reforma al sector eléctrico. Sin embargo, el modelo regulatorio basado en tasa de rendimiento y no en un modelo de incentivos, ha frenado la evolución del sistema. Aún después de la reforma, el mercado Pakistaní se sigue viendo afectado por apagones, mala calidad en la prestación, pérdidas y cartera corriente elevada.
CPS, S	Service quality and the share of renewable energy in electricity generation.	Yao et al., (2021)	Utilities Policy	Considerando el alto nivel de penetración de energías renovables en China, los autores muestran su preocupación sobre el impacto en la calidad del servicio. También mencionan que, contrario a la expectativa, el

				<p>alto nivel de energía procedente de fuentes no convencionales, no afecta significativamente el precio de la electricidad. De esta manera, basados en la teoría de juegos de Stackelberg, proponen un modelo para obtener estrategias de equilibrio para los stakeholders.</p>
CPS	<p>Quality of supply regulations versus societal priorities regarding electricity outage consequences: Case study in a Swedish context.</p>	<p>Landegren et al., (2019)</p>	<p>International Journal of Critical Infrastructure Protection.</p>	<p>Considerando el impacto que tienen las fallas en el suministro de energía, desde una pequeña molestia para un cliente, pérdidas económicas importantes en la industria o una amenaza real contra la salud y la seguridad, se plantea un estudio de caso desarrollado en una ciudad de Suecia donde se profundiza sobre el sistema Styrel, el cual plantea una prestación diferencial en momentos de escasez donde se prioriza la atención de clientes según su nivel de importancia para la sociedad. Sin embargo se evidencian falencias cuando se requiere.</p>
CPS	<p>Measure of Customer Satisfaction in the Residential Electricity Distribution Service Using Structural Equation Modeling.</p>	<p>Neto et al., (2022)</p>	<p>Energies.</p>	<p>El objetivo principal de este estudio es aplicar modelos de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales, y basados en covarianza, para evaluar la satisfacción de los consumidores residenciales de electricidad. Compara los resultados de ambos modelos e indica el que mejor se ajusta al problema de medición de satisfacción.</p>

PE, S	Optimal planning of distributed generation and battery energy storage systems simultaneously in distribution networks for loss reduction and reliability improvement.	Hamidan & Borousan, (2022)	Journal of Energy Storage.	Uno de los temas de investigación más fuerte desde hace algunos años en el sector energético es el de almacenamiento. En ambos textos los autores buscan demostrar la potencialidad que tiene este concepto para reducción de pérdidas de energía y aumento de la confiabilidad de los sistemas eléctricos en un ambiente de cero emisiones.
PE, S	A medium-term analysis of the reduction in technical losses on distribution systems with variable demand using artificial neural networks: An Electrical Energy Storage approach.	Monteiro et al., (2018)	Energy	
CPS, PE	Distribution network reliability enhancement and power loss reduction by optimal network reconfiguration.	Anteneh et al., (2021)	Computers and Electrical Engineering.	Los autores plantean que la reconfiguración de sistemas es una de las herramientas más adecuadas para reducir pérdidas de energía y mejorar la confiabilidad de las redes. Se presenta un caso de estudio en Etiopía el cual simulado en MATLAB plantea también mejoras para los indicadores SAIDI y SAIFI.
PE, S	Developing a decision-making dashboard for power losses attributes of Iran's	Farshchian et al., (2020)	Energy	Empleando la técnica de laboratorio DEMATEL, expertos técnicos e investigadores Iraníes desarrollan un caso de estudio en Teherán. Tiene en cuenta las

	electricity distribution network.			pérdidas técnicas como el segundo criterio de clasificación y las vinculan en un análisis de competitividad.
PE	Distribution networks nontechnical power loss estimation: A hybrid data-driven physics model-based framework.	Bretas et al., (2020)	Electric Power Systems Research	Con base en el estimador de mínimos cuadrados, los autores presentan una propuesta ambiciosa para los comercializadores el cual consiste en la simulación de pérdidas no técnicas en redes de distribución. Si se tiene en cuenta que la simulación generalmente contempla únicamente las pérdidas técnicas, resulta ser una alternativa de interés.
PE	Active power loss allocation in radial distribution networks with different load models and DGs.	Hota et al., (2022)	Electric Power Systems Research	La radialidad de algunos sistemas de distribución representan un reto para las empresas distribuidoras de optimizar y reducir las pérdidas. Los autores desarrollan un modelo donde la generación distribuida juega un papel interesante y apoya el control de las pérdidas en este tipo de escenarios.
CPS, PE	A new way for comparing solutions to non-technical electricity losses in South America.	de Oliveira Ventura et al., (2020)	Utilities Policy	Este trabajo tiene como objetivo comparar las soluciones implementadas en Suramérica para reducir las pérdidas no técnicas. Presenta un índice de correlación con la calidad del servicio aunque el enfoque está dirigido hacia el ámbito regulatorio.
PE, S	Power losses evaluation in low voltage distribution network: a case	Sadiq et al., (2022)	Indonesian Journal of Electrical Engineerin	Los autores plantean la importancia de los sistemas de distribución balanceados como estrategia para el control de

	study of 250 kVA, 11/0.416 kV substation.		g and Computer Science	pérdidas técnicas. Los ahorros que se pueden obtener vía reducción de pérdidas, se pueden emplear en expansión y nuevas inversiones.
S	Measuring economic sustainability at the ranch level.	Machen et al., (2021)	Rangelands	En un ámbito diferente al objeto de la investigación, los autores plantean un criterio que resulta interesante para evaluar la sostenibilidad económica de un negocio.
S	Sustainability performance for Brazilian electricity power industry: An assessment integrating social, economic and environmental issues.	Sartori et al., (2017)	Energy Policy	Teniendo en cuenta cuestiones ambientales, económicas y sociales, este documento tiene como objetivo evaluar el desempeño de la industria eléctrica brasileña en términos de su desempeño sostenible.
S, CPS	The role of electricity consumption, globalization and economic growth in carbon dioxide emissions and its implications for environmental sustainability targets.	Saint Akadiri et al., (2020)	Science of the Total Environment	Con la ubicación geográfica estratégica de Turquía y los desafíos de degradación ambiental y energética del país, este estudio, por lo tanto, intenta investigar los vínculos entre las emisiones de carbono, el consumo de electricidad, el crecimiento económico y la globalización en Turquía durante el período 1970-2014
S	Corporate governance and its implications for sustainability reporting quality in Latin American business groups.	Correa-Garcia et al., (2020)	Journal of Cleaner Production	Este artículo tiene como objetivo estudiar los factores que determinan la calidad de los informes de sostenibilidad en los grupos empresariales latinoamericanos. Los resultados muestran que la concentración de

				control en los grupos afecta negativamente la calidad de los informes de sostenibilidad.
S, CPS	The impossible energy trinity: Energy security, sustainability, and sovereignty in cross-border electricity systems.	Thaler & Hofmann, (2022)	Political Geograph y	Se desarrolla el concepto de una trinidad energética imposible (IET), que postula que muchos estados no pueden lograr simultáneamente la seguridad energética, la sostenibilidad y la soberanía.
S	Integrative technical, economic, and environmental sustainability analysis for the development process of biomass-derived 2,5-furandicarboxylic acid.	Kim et al., (2022)	Renewabl e and Sustainabl e Energy Reviews	Este estudio presenta un nuevo diseño de proceso para la producción económica de FDCA a partir de biomasa lignocelulósica. La economía del proceso se maximiza mediante la introducción de un método eficaz de fraccionamiento de biomasa basado en subsistemas de separación y conversión catalítica.
S	Enhancement of economic and ecological sustainability through integrated management of coal and electricity in north China.	Liu et al., (2012)	Procedia Environm ental Sciences	En este estudio, se desarrolló un modelo de gestión de energía y carbón acoplado inexactamente con restauración ecológica y mitigación de contaminantes. El modelo desarrollado se aplicó a un problema de planificación del sistema de gestión de energía y carbón acoplado a largo plazo para apoyar la sostenibilidad ecoambiental regional en el norte de China.

NOTA: CPS: Calidad en la prestación del servicio, PE: Pérdidas de energía eléctrica, S: Sostenibilidad.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación existente entre la calidad del servicio de energía eléctrica con la sostenibilidad económica del negocio de transmisión y distribución en Celsia -mercado Tolima- desde 2018 a 2020.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- I. Caracterizar las pérdidas de energía y los indicadores de prestación del servicio en el periodo de análisis para las diferentes zonas del Tolima.
- II. Identificar la relación entre las deficiencias en la calidad del servicio y la sostenibilidad económica del negocio.
- III. Analizar el valor agregado a la sociedad VAS producto de las mejoras en calidad del servicio (optimización en la prestación y reducción de pérdidas).

6 METODOLOGÍA

6.1 ENFOQUE

El enfoque de esta investigación fue mixto con mayor relevancia del factor cuantitativo que como lo define Hernández Sampieri en su libro Metodología de la Investigación, utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías (Hernández Sampieri, 2014).

6.2 TIPO DE ESTUDIO

La investigación fue de tipo mixto. El alcance de la investigación se clasificó como descriptivo-correlacional ya que lo que se buscó fue identificar las relaciones entre la calidad del servicio y la sostenibilidad económica del negocio.

El estudio fue longitudinal, basado en fuentes secundarias, teniendo en cuenta que se analizó desde el 2018 a 2020 sin dejar por fuera un periodo de tiempo mayor como antecedente histórico desde 1994.

6.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

Teniendo en cuenta que para medir la prestación del servicio se pueden tener en cuenta dos perspectivas (corporativa y de percepción), en este trabajo se consideró únicamente el punto de vista corporativo. En este orden de ideas, se tomaron como base los indicadores de duración y frecuencia de fallas para medir la calidad en la prestación.

De igual manera, para evaluar el otro elemento de calidad a considerar se tomó como base el indicador de pérdidas totales de la compañía, el cual se calculó con información oficial reportada al regulador.

Para medir la dimensión económica de la sostenibilidad se empleó la información suministrada por el DJSI complementada con otras metodologías tales como: GRI (Global

Reporting Initiative), SABS (Consejo de Normas de Contabilidad de Sostenibilidad) y TFCFD (Task Force Climate-related Financial Disclosures).

En esta sección se muestran las variables ya mencionadas, se explica qué significan, cómo se miden y obtienen. Así mismo, se citan trabajos de base que sugieren tenerlas en cuenta para alcanzar los objetivos propuestos.

(C): Calidad del servicio.

(S): Sostenibilidad.

Tabla 2. Resumen de Variables

NÚCLEO	VARIABLE	INDICADOR Y MEDICIÓN	CÓMO SE OBTIENE	REFERENCIA
(C)	Duración de interrupciones	Esta variable se mide a través del indicador SAIDI que significa "duración promedio de las interrupciones percibidas por el usuario".	Este índice indica la duración total de la interrupción para el cliente durante un período de tiempo predefinido. Se mide comúnmente en minutos u horas de interrupción del cliente. Matemáticamente está dado por la ecuación: $SAIDI = \frac{\Sigma \text{Duración interrupción}}{\text{Número total de clientes}}$	IEEE, (2012) Gómez & Suárez, (2017) Alejandra & Salinas, (2018) Muñoz et al., (2018)
(C)	Frecuencia de interrupciones	Esta variable se mide a través del indicador SAIFI que significa	El índice de frecuencia de interrupción promedio del sistema indica la frecuencia con que el cliente experimenta una	

		"cantidad de veces promedio que se presenta una interrupción para un usuario".	<p>interrupción prolongada durante un período de tiempo predefinido. Matemáticamente está dado por la ecuación:</p> $SAIFI = \frac{\Sigma \text{Número total de clientes sin servicio}}{\text{Número total de clientes}}$	
(C)	Pérdidas de energía	Esta variable se mide a través del indicador IPT que significa "indicador de pérdidas totales".	<p>El Administrador del Sistema de Intercambios Comerciales ASIC debe aplicar la metodología definida en el numeral 7 de la resolución CREG 015 de 2018.</p> <p>Matemáticamente está dado por las siguientes ecuaciones:</p> $PT_{j,t} = \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} (E_{e,j,n,m} - FeNS_{j,n,m}) - \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} Es_{j,n,m}$ $IPT_{j,t} = \frac{PT_{j,t}}{\sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} (E_{e,j,n,m} - FeNS_{j,n,m}) - \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} FSO_{j,n,m}}$ <p>En resumen, lo que se esquematiza es la diferencia entre las entradas y salidas de energía dentro de unos</p>	<p>Maldonado & Cando, (2018)</p> <p>López-Cariboni, (2018)</p> <p>Sánchez & Morales, (2000)</p> <p>Asencio, (2020)</p>

			valores reconocidos como admisibles.	
(S)	Dimensión económica	Se construirá un indicador de medición de la dimensión económica de sostenibilidad al interior de la organización.	El indicador para la dimensión económica de la sostenibilidad se debe construir según la literatura, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones: .- Gobierno corporativo. .- Ética empresarial. .- Compras y adquisiciones. .- Recordación de clientes. .- Ciberseguridad. .- Innovación. .- Satisfacción de stakeholders.	Barrezueta & Paz, (2017) Garzón & Ibarra, (2014)

6.4 PLAN DE ANÁLISIS.

En este apartado se presenta un esbozo del paso a paso aplicado para dar cumplimiento a cada uno de los objetivos planteados.

- a. Para la caracterización de las variables que se definieron como representativas para esquematizar el comportamiento de la calidad del servicio (prestación y pérdidas), primero se tomó la información de fuentes disponibles por la organización en el marco de tiempo 2018-2020, mensual. Esta información contempló los datos oficiales reportados a las entidades de regulación y control, es decir, las cifras oficiales con las que se calcularon los indicadores de evaluación nacional.

- b. Se buscaró correlacionar los datos técnicos con el indicador de sostenibilidad económica extraído de DJSI, con el fin de determinar grados de influencia en sus comportamientos a lo largo del tiempo.
- c. Con los datos obtenidos en los literales anteriores y empleando la metodología VAS, se buscó emplear la metodología VAS para evaluar un proyecto particular.

7 RESULTADOS

Para la presentación de resultados se ha considerado pertinente hacer una contextualización detallada del campo empresarial en el que son relevantes las variables involucradas en el estudio, hecho que permitirá abordar con mayor entendimiento el desarrollo de los objetivos específicos los cuales se abordarán uno a uno.

La Empresa Celsia como operador de red tiene presencia en el departamento del Tolima con 76 subestaciones, 11.200 km de redes de distribución que permiten atender a 568.000 clientes en 47 municipios propios y 3 más de Cundinamarca para un total de 50 municipalidades. A continuación en la tabla 3 una comparación de lo que había en 2017 y lo que hay hoy. Cabe recordar que Celsia llegó al Tolima en 2019.

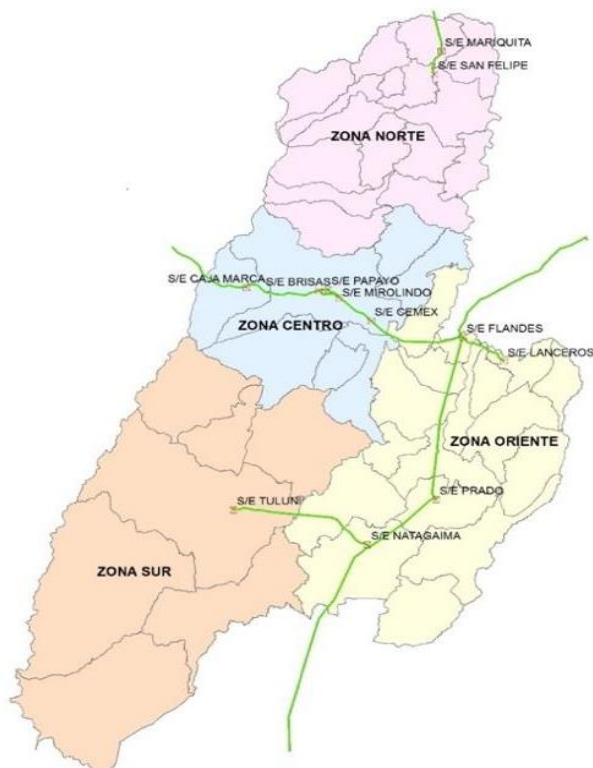
Tabla 3. Comparación Celsia 2017 VS 2022

Infraestructura de Transmisión y Distribución	2017	2022
	Total CELSIA TOLIMA	
Número de subestaciones de distribución	75	76
Longitud total red de distribución en km	11,000	11,200
Número total transformadores de distribución instalados en la red	21,455	21,662
Transformadores propios	17,993	18,109
Transformadores de terceros	3,462	3,553

En este mercado se encuentra una condición especial de salida de flujos de energía hacia el Sistema de Transmisión Nacional (STN) que representan un porcentaje significativo respecto a la energía de entrada a su sistema propio.

En la figura 5 se presenta un mapa geográfico, sobre el cual se pueden observar las principales subestaciones en 115 kV que conforman el sistema de Celsia en el mercado de Tolima con sus respectivas zonas operativas.

Figura 5. Ubicación geográfica de las subestaciones de CELSIA TOLIMA



Fuente: Elaboración propia.

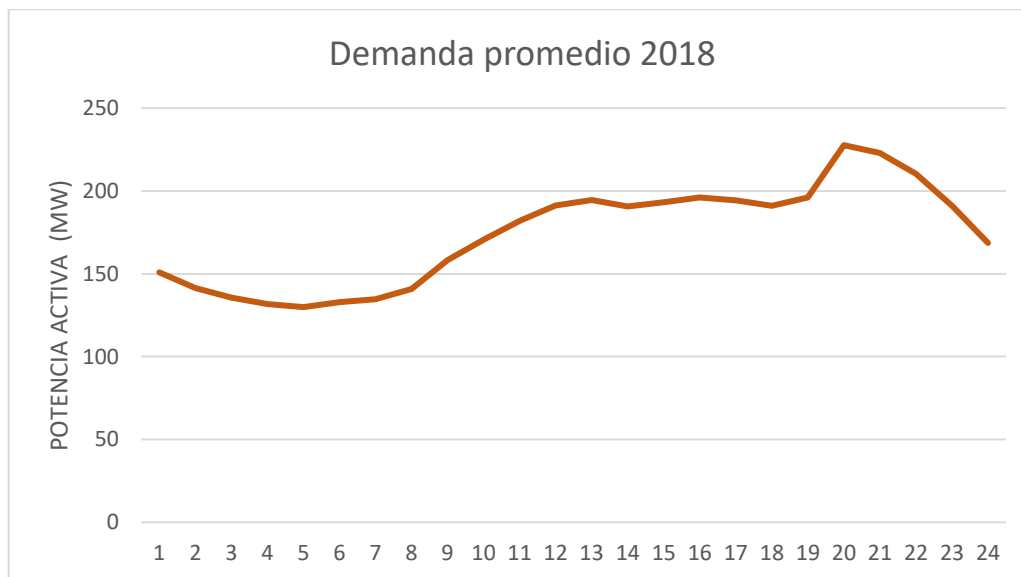
Actualmente, Celsia cuenta con tres (3) fronteras de interconexión al STN (Mirolindo, Tuluní y San Felipe), las cuales están encargadas de inyectar la mayor parte de la potencia requerida por el Operador de Red.

Descripción general sistema de Celsia en el mercado Tolima

Demanda de energía.

Actualmente la demanda de Celsia tiene su pico a las 19:00 horas del día y está en promedio alrededor de los 227.64 MW. Así mismo, la demanda mínima se encuentra alrededor de los 129.89 MW y ocurre cerca de las 4:00 horas. En la figura 6 se muestra la curva de demanda promedio que tuvo Celsia para 2018.

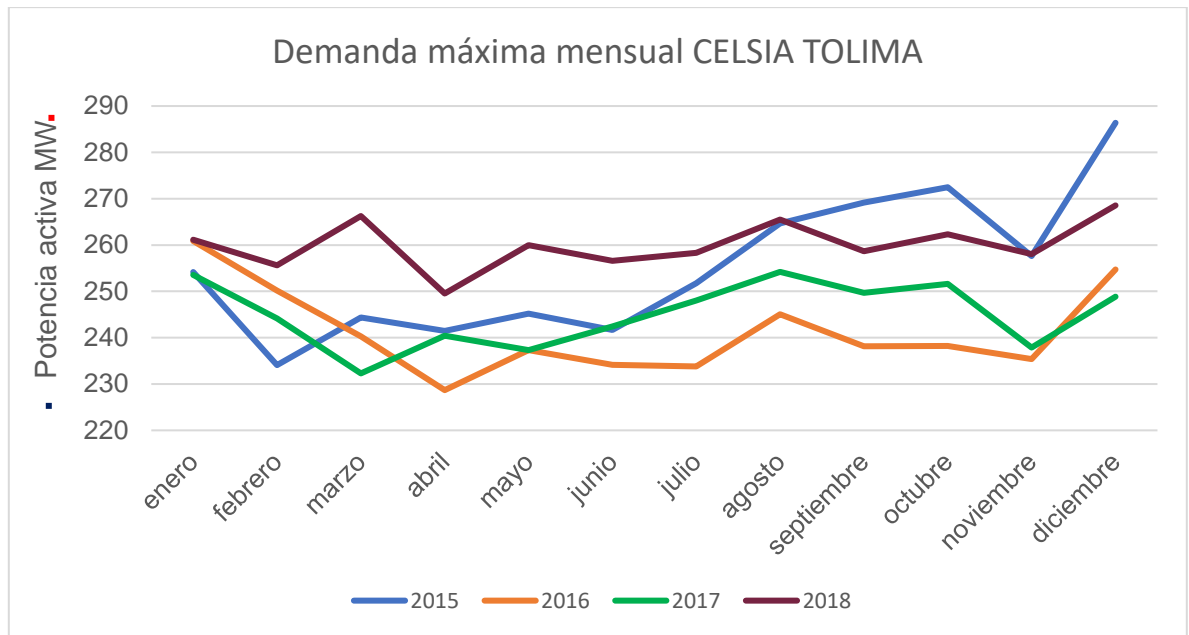
Figura 6. Demanda promedio Celsia Tolima 2018



Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 7, se realiza una comparación entre las medidas de potencia máxima mensual registradas en los años prepandemia, la cual tenía un comportamiento diferente a lo que se ha presentado desde 2020.

Figura 7. Demanda máxima mensual CELSIA mercado Tolima 2015-2018.



Fuente: Elaboración propia.

Inicialmente entre los años 2016 y 2017, se observa una reducción de la demanda pico esperada, esta variación de los consumos se explica por el bajo crecimiento macroeconómico del país, el uso de electrodomésticos y dispositivos eléctricos más eficientes, cultura del ahorro de energía y por las variaciones de la temperatura. En cuanto a la curva encontrada para el año 2018 se puede observar un aumento de la demanda en comparación con los años 2016 y 2017, dicho aumento pudo ser provocado por los factores climáticos del Tolima y una mayor actividad económica de la región (nuevas obras residenciales). En la figura se muestran los puntos máximos mensuales de demanda, lo cual evidencia que los picos de demanda del sistema de Celsia se encuentran en los meses de diciembre y enero, dicho comportamiento explica la estacionalidad de la demanda del departamento, coincidiendo con la temporada vacacional.

Análisis de pérdidas.

El cálculo de pérdidas técnicas se realiza con base a los diferentes escenarios de demanda mínima (5h), media (13h) y máxima (18h), adicionalmente se tiene en cuenta el despacho de las unidades de generación influyentes para la zona suroccidental. La metodología para cuantificar las pérdidas de energía se efectúa durante las 24 horas del día de máxima demanda del operador de red para cada uno de los escenarios de demanda y de despacho de generación. Este análisis se realiza para un horizonte de largo plazo.

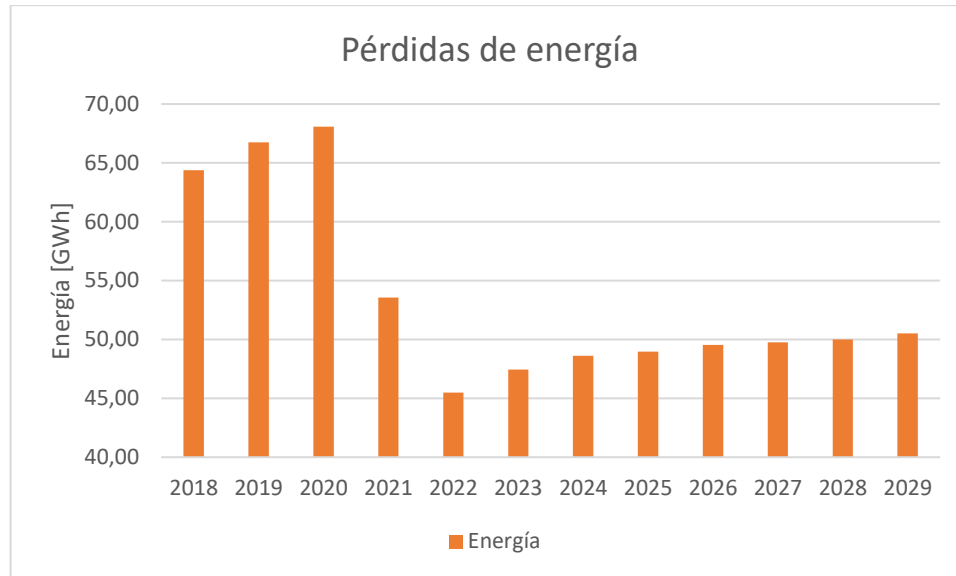
En la Tabla 4. Se muestran las pérdidas en nivel de tensión 4 calculadas mediante el software de apoyo DigSilent PowerFactory sin incluir proyectado a 2025.

Tabla 4. Pérdidas de Energía en CELSIA mercado Tolima

PÉRDIDAS DE ENERGÍA [GWh-año]	
AÑOS	STR
2019	66.75
2020	68.09
2021	53.57
2022	45.50
2023	47.44
2024	48.60
2025	48.96

De la evolución de las pérdidas en la red de Celsia se observa en la Figura 8 una disminución luego de entrada en operación de obras a nivel STR-SDL, proyectos de generación y planes de reducción de pérdidas no técnicas de las que se hablará a continuación.

Figura 8. Pérdidas en STR de la Red de CELSIA mercado Tolima.



Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se expondrán los resultados obtenidos en términos de cada uno de los objetivos específicos propuestos.

7.1 OBJETIVO ESPECÍFICO 1: CARACTERIZAR LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA Y LOS INDICADORES DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO EN EL PERIODO DE ANÁLISIS PARA LAS DIFERENTES ZONAS DEL TOLIMA.

7.1.1 Pérdidas de energía:

Definición del índice de pérdidas totales (IPT_{j,t}) en la Resolución 015 de 2018.

El numeral 7.1.4 de la Resolución CREG 015 de 2018, establece la fórmula de cálculo del índice de pérdidas totales de energía (IPT_{j,t}), con base en la cual se evaluará el cumplimiento de la senda de pérdidas, para los operadores de red a los que se les apruebe un plan de reducción de pérdidas.

Como se observa en la fórmula del IPT_{j,t}, en el denominador de dicha expresión no se encuentra la variable FsSTN_{j,n,m} que corresponde a los flujos de energía de salida desde cada nivel de tensión hacia el STN. Sin embargo, dicha variable si está presente en la fórmula de las pérdidas totales (PT_{j,t}), que a su vez está en el numerador de la fórmula IPT_{j,t}, como se presenta a continuación:

Índice de pérdidas totales:

$$IPT_{j,t} = \frac{PT_{j,t}}{\sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} (Ee_{j,n,m} - FeNS_{j,n,m}) - \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} FsOR_{j,n,m}}$$

En el denominador de la fórmula del IPT de la Resolución 015 de 2018 no se incluye como energía de salida el flujo de energía del Operador de Red al STN (*FsSTN_j*).

Si está incluido en el numerador en el sumando de Energías de Salida (Es) pero no en el denominador como se aprecia en la siguiente expresión:

Pérdidas totales de energía:

$$PT_{j,t} = \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} (Ee_{j,n,m} - FeNS_{j,n,m}) - \sum_{n=1}^4 \sum_{m=3}^{m-14} ES_{j,n,m}$$

Dónde:

$$Ee_{j,n,m} = EeG_{j,n,m} + FeSTN_{j,n,m} + FeOR_{j,n,m} + FeNS_{j,n,m}$$

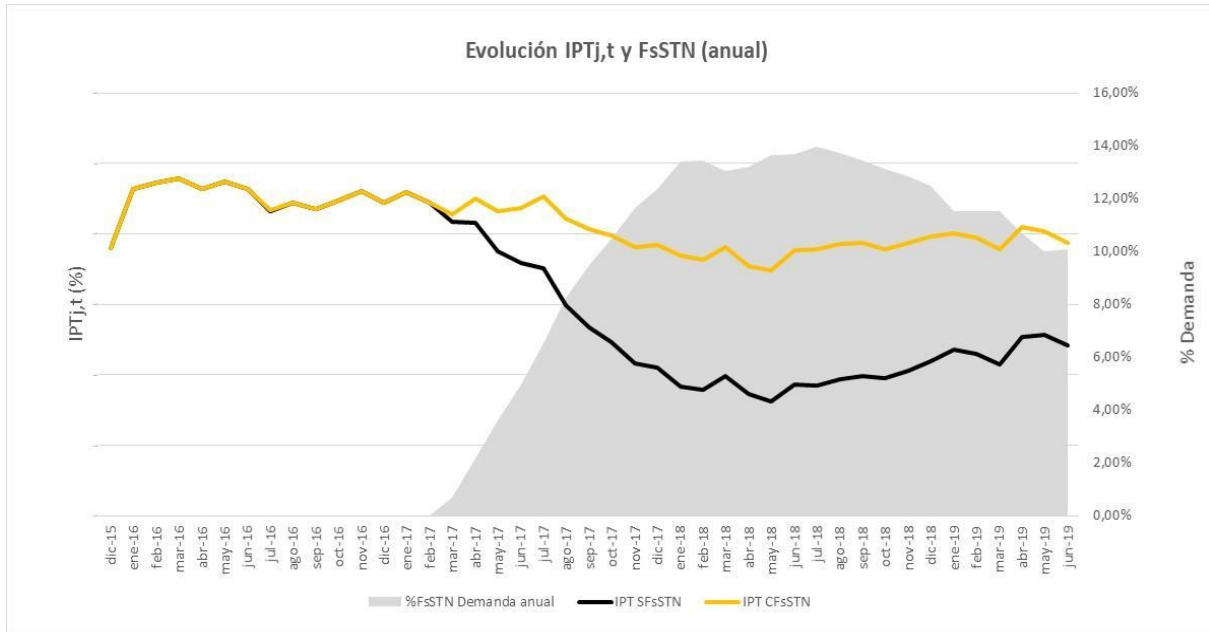
$$Es_{j,n,m} = EsVFC_{j,n,m} + EsVSFC_{j,n,m} + FsSTN_{j,n,m} + FsOR_{j,n,m}$$

Como se puede observar la variable $FsSTN_j$ está presente en el cálculo del PT, pero no del IPT.

Para los operadores de red en cuyos sistemas de distribución se presentan altos niveles de flujos de energía de salida hacia el STN respecto a la demanda de energía de su sistema, se origina una distorsión en el cálculo del $IPT_{j,t}$ cuando la energía de salida hacia el STN ($FsSTN_{j,n,m}$) se incluye en el numerador pero no en el denominador de la fórmula matemática para calcular dicho índice.

La situación para el Operador de Red se evidencia en la figura 9, en la que se compara la senda del $IPT_{j,t}$ aplicando la fórmula tal como se indica en la Resolución 015, numeral 7.1.4 (curva negra), respecto al cálculo del mismo indicador incorporando la variable $FsSTN_{j,n,m}$ tanto en el numerador como en el denominador (curva amarilla). El área sombreada, representa los flujos de energía de salida hacia el STN, medidos como un porcentaje de la demanda de energía del sistema.

Figura 9. Evolución del IPT según la interpretación establecida en la Res. 015/2018 (curva negra) vs. interpretación ajustada (curva amarilla) para el caso de Celsia mercado Tolima.



Fuente: Elaboración propia.

En dicha gráfica se observa lo siguiente:

- Que existe una relación inversa entre el comportamiento de la variable $FsSTN_{j,n,m}$ y el resultado del $IPT_{j,t}$.
- Que cuando no se presentan exportaciones de energía al STN, las dos maneras de calcular el índice $IPT_{j,t}$ son equivalentes.
- Que en presencia de exportaciones de energía hacia el STN, el resultado del indicador $IPT_{j,t}$ difiere si se interpreta que dichas exportaciones se deben tener en cuenta únicamente en el numerador, respecto a si se interpreta que deben ser consideradas tanto en el numerador como en el denominador.
- Que al considerar las exportaciones de energía al STN únicamente en el numerador, el cálculo del índice $IPT_{j,t}$ es menor al caso en el que dichas exportaciones se consideran tanto en el numerador como en el denominador.

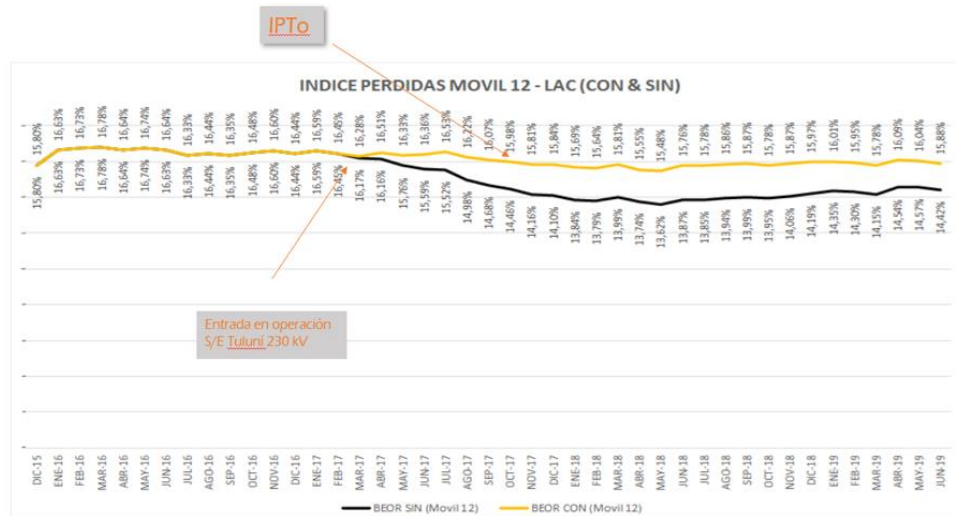
Dicha distorsión genera incertidumbre frente al cumplimiento de la senda de pérdidas, específicamente en el caso de operadores de red en cuyos sistemas de distribución se presentan altos niveles en los flujos de energía de salida hacia el STN, como sucede en el caso del sistema Celsia en Tolima. Además, su magnitud puede variar significativamente según el comportamiento de los despachos de generación.

Análisis del caso particular de Celsia.

En abril de 2013, se conectó al Sistema de Transmisión Regional (STR) de Celsia, la planta de generación hidroeléctrica Amoyá (80 MW) que entrega su generación en la subestación Tuluní en el nivel de tensión 4 (115 kV). En marzo de 2017 la capacidad de transformación de dicha subestación fue ampliada en 90 MVA con una nueva conexión al STN (230 kV).

A partir de ese momento, se originaron exportaciones ($F_{sSTNj,n,m}$) desde el sistema del departamento del Tolima hacia el Sistema de Transmisión Nacional, vinculadas a la generación de la hidroeléctrica Amoyá. Dichas exportaciones de energía al STN presentan alta volatilidad en su comportamiento, oscilando mensualmente entre el 0,46% y 22,24% de la demanda de Celsia, esto se ve reflejado en el cálculo del IPT como se muestra en la figura 10.

Figura 10. Evolución histórica del índice de pérdidas totales de Celsia mercado Tolima.



Fuente: Elaboración propia.

Incremento de pérdidas por flujos de energía en tránsito en el nivel de tensión

4.

A partir de mayo de 2018, en el sistema operado por Celsia se han incrementado los flujos de energía en tránsito en el nivel de tensión 4, lo cual ha contribuido a incrementar las pérdidas totales de energía del sistema. Esta situación ha causado una diferencia entre el valor real del Índice de Pérdidas Totales y la senda de pérdidas prevista.

En la evaluación del plan de pérdidas, una diferencia de 1,0% ó de 1,5% en el resultado del indicador IPT_{j,t} resulta significativa, en particular porque Celsia en el mercado de Tolima no tiene manera alguna de gestionar la exportación de energía (FsSTN_{j,n,m}) de su sistema hacia el STN, ya que el comportamiento de dicha variable depende de la declaración de disponibilidad y oferta de precio que presenta la generadora Amoyá en función de la disponibilidad de su recurso, las decisiones que adopta el Centro Nacional de Despacho con base en esa información y las declaraciones de disponibilidad y ofertas de precio que presentan el resto de generadores del sistema interconectado, y/o las

salidas a mantenimiento de los activos de conexión al STN asociados con esta área del sistema.

El plan de reducción de pérdidas de CELSIA en el mercado del Tolima, está diseñado partiendo del IPT que se calcula teniendo en cuenta los flujos de STN en el numerador y en el denominador de la fórmula.

Pérdidas no técnicas.

Como todo proceso comercial, la situación ideal para el sector eléctrico es tener por lo menos un equilibrio entre sus compras y ventas de energía, pero dentro de la cadena se presentan alteraciones que conducen a descomposiciones financieras manifestadas concretamente en los indicadores de pérdidas, los cuales reflejan un desbalance entre la energía que compra la empresa distribuidora y comercializadora de energía y la energía que se vende en su sistema de distribución local.

Las pérdidas de energía denominadas no técnicas, surgen principalmente por conexiones ilegales de cargas sin medidor y de clientes activos y/o usuarios no autorizados y por la manipulación del equipo de medida.

Los costos e inversiones anuales gestionadas desde el año 2004 para minimizar el problema y hasta 2018 fueron aproximadamente \$11.000 millones por año. A comienzos de 2004 las pérdidas se encontraban sobre el 30%, a partir de esa fecha se dio inicio a un plan de reducción de pérdidas, realizando inversiones principalmente en los siguientes aspectos:

- Revisión de la medida a usuarios finales del servicio.
- Normalización de instalaciones a usuarios finales del servicio.
- Remodelación de redes en baja tensión sobre transformadores de distribución
- Gestión de la Medida (Macro medición)

Una vez aprobado el plan de pérdidas presentado en 2018 a la CREG, anualmente se gastan \$6.800 millones anuales únicamente en mantenimiento de pérdidas y alrededor de \$23.000 millones al año en reducción de pérdidas.

Clasificación causas pérdidas no técnicas.

Las pérdidas no técnicas en Celsia podrán clasificarse según sus causas. Por fraude, por hurto y por administración.

- **Por fraude:** Son las provocadas por clientes que poseen medición y que por medio de manipulaciones en el medidor o en las conexiones de este, logran evitar el total registro de los consumos. Muchas han sido las innovaciones tecnológicas que han permitido minimizar esta actividad. Los diseños de redes de distribución en baja tensión, medidores y conductores con blindajes, celdas y sellos de seguridad que permiten un mejor control de acceso a los equipos de medida y sistemas de medición inteligente son algunos de los mecanismos empleados para mitigar el fraude. Sin embargo, ningún control es perdurable en el tiempo si no hay sistemas de control y seguimiento eficientes, dado que las conductas delictivas se reinventan todo el tiempo.
- **Por hurto o robo.** Son las provocadas por usuarios que toman energía de las redes en forma directa sin que haya entre las partes un contrato para la prestación legal del servicio. La diferencia está dada en los daños provocados al realizar la conexión y en los riesgos que para la vida de las personas ocasiona este tipo de conexiones irregulares que por lo general no cumplen mínimas normas de seguridad. Zonas en desarrollo progresivo, problema social que es necesario abordar en conjunto de las administraciones municipales son algunos de los factores que originan este tipo de conductas. Catalogamos en este aspecto el uso del servicio irregular por ventas ambulantes y en general todo aquel usuario que requiera acceder al servicio por necesidad. Dado que la extensión del sistema eléctrico en Tolima ha permitido llegar con el servicio a zonas alejadas de la región con pocas vías de acceso vulnera el control de acceso de conexión. La empresa para minimizar este impacto está

obligada a trabajar mancomunadamente con las administraciones municipales y autoridades para formalizar o suspender drásticamente el suministro del servicio. El Código Penal colombiano tipifica esta conducta como delito y este puede llevar al implicado hasta condenas de uno a seis años y con multas de tres (3) a ciento cincuenta (150) salarios mínimos legales vigentes. Sin embargo, a pesar de que la Corte Suprema de Justicia ha confirmado pocas sentencias al respecto, la ausencia de penalidad jurídica respecto el costo de adelantar demandas legales afecta la gestión.

- **Por Administración.** Son aquellas cuyo origen es la incorrecta gestión comercial y administrativa de la compañía distribuidora y puede ser por origen de: errores de lectura, clientes sin identificación comercial, falta de registro de los consumos propios, retrasos de facturación, errores en los factores de transformación de equipos de medición, equipos de medición obsoletos, incompletos e inadecuados para el tipo de cliente, medidores fuera de curva (en retraso), demoras en las reconexiones de servicios, suspensiones erróneas, entre otros.

7.1.2 Caracterización de las pérdidas por sector:

Tolima Norte

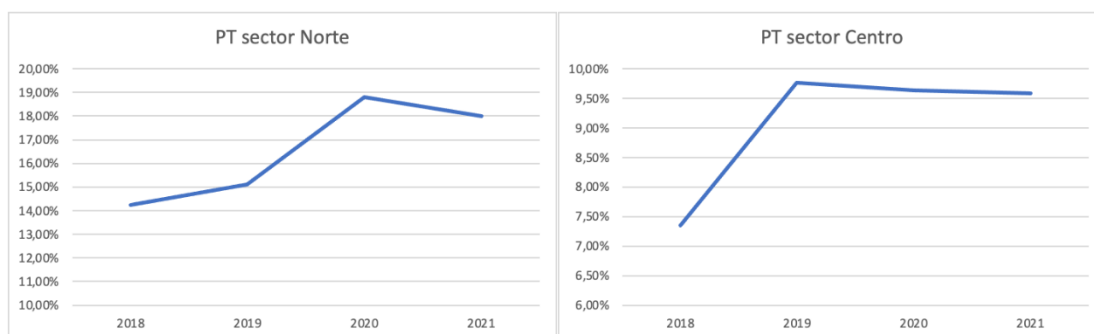
Este sector cuenta con 23 municipios, disperso en el norte, esta dispersión sumada con los bajos consumos de los usuarios incrementa los costos de la gestión de pérdidas debido a los desplazamientos principalmente a las zonas rurales. El sector Tolima Norte a su vez se divide en: NORTE Y CENTRO. Adicionalmente en los períodos de verano y las épocas de cosecha, se debe incrementar la gestión de control de estos grandes consumos de energía en predios dispersos, con su correspondiente incremento en los costos.

- Se tiene un alto índice de cartera y de fraude en varios municipios donde además se tienen altos consumos por la condición del clima y la capacidad de pago es baja debido a la condición socioeconómica de esa región.

- La difícil situación económica de varias poblaciones en el departamento es uno de los principales inductores a la cultura del fraude. Es recurrente la conexión directa a la red de baja tensión realizando bypass al medidor de energía, así como la manipulación de los equipos de medida.

La evolución de las pérdidas en Tolima norte en el horizonte de análisis, es la que se presenta a continuación en la figura 11. Se aclara que los valores que se presentan corresponden a el dato año corrido en el cierre de cada vigencia.

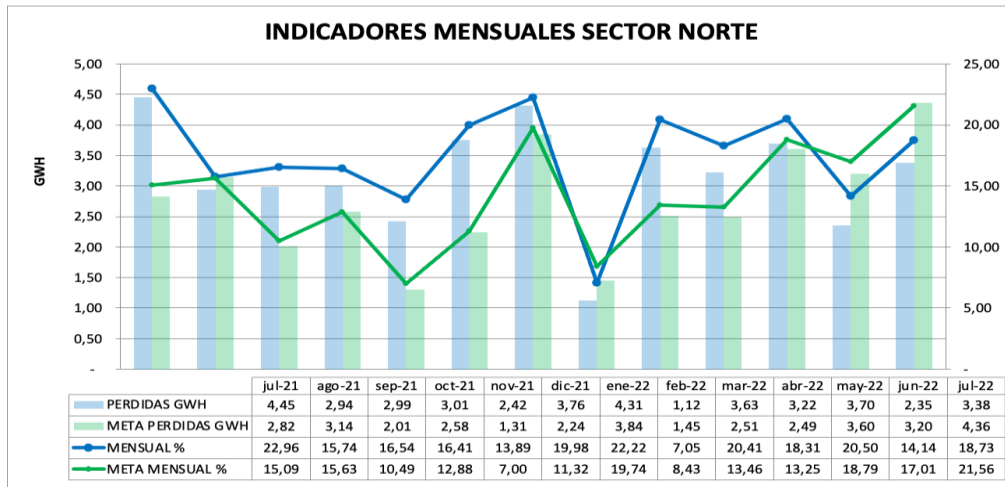
Figura 11. Evolución de pérdidas por sector – Zona Norte.



Fuente: Elaboración propia.

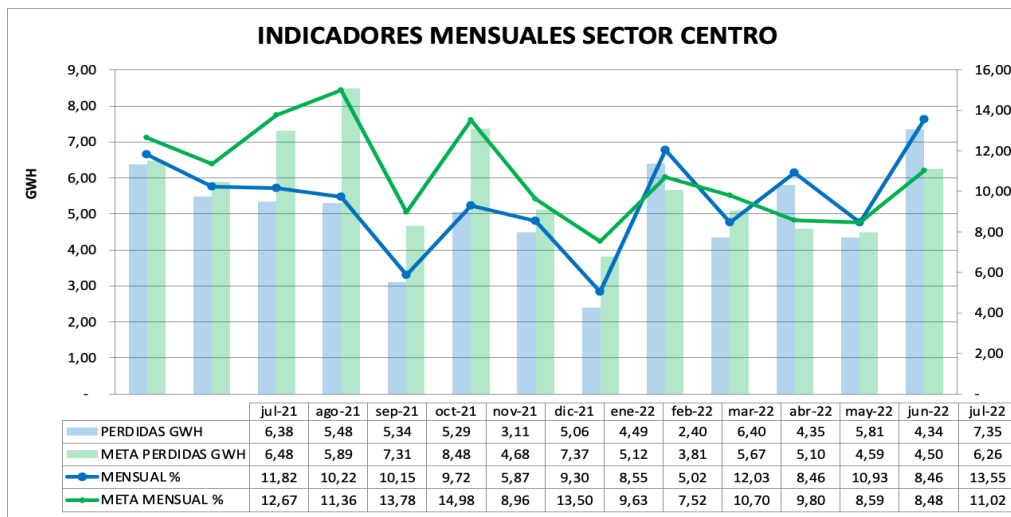
Así mismo, la fuerte intervención de los planes correctivos y de mantenimiento de pérdidas, han permitido que el último año presente un comportamiento mucho más favorable en los sectores. Para efectos gráficos de evaluar el impacto de las actividades, se presentan las cifras puntuales mes.

Figura 12. Indicadores mensuales sector norte.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Indicadores mensuales sector centro.



Fuente: Elaboración propia.

Tolima Sur

Este sector comprende 24 municipios, disperso en el Sur, esta dispersión sumada con los bajos consumos de los usuarios incrementa los costos de la gestión de pérdidas

debido a los desplazamientos principalmente a las zonas rurales, agrupados a su vez en SUR Y ORIENTE, los cuales presentan las siguientes condiciones:

- Gran parte de circuitos rurales con redes abiertas en configuración primaria y secundaria, y en algunos municipios como Planadas, Rio Blanco, Ataco y Chaparral con problemas de difícil gestión.
- Se tiene un alto índice de cartera y de fraude en varios municipios donde además se tienen altos consumos por la condición del clima y la capacidad de pago es baja debido a la condición socioeconómica de esa región.
- La difícil situación económica de varias poblaciones en el departamento es uno de los principales inductores a la cultura del fraude. Es recurrente la conexión directa a la red de baja tensión realizando bypass al medidor de energía, así como la manipulación de los equipos de medida.
- Otro aspecto recurrente es la reconexión indebida de clientes suspendidos por no pago o vulneración de la medida.
- Las anomalías más comunes son conexión fraudulenta (servicio directo, reconexión no autorizada, manipulación de la acometida), medidor descolgado y manipulación de la bornera del medidor.

Por la situación crítica en que se encontraba esta zona del departamento, se doblaron los esfuerzos para obtener el impacto esperado. Las cifras anuales en los sectores se muestran a continuación en la figura 14:

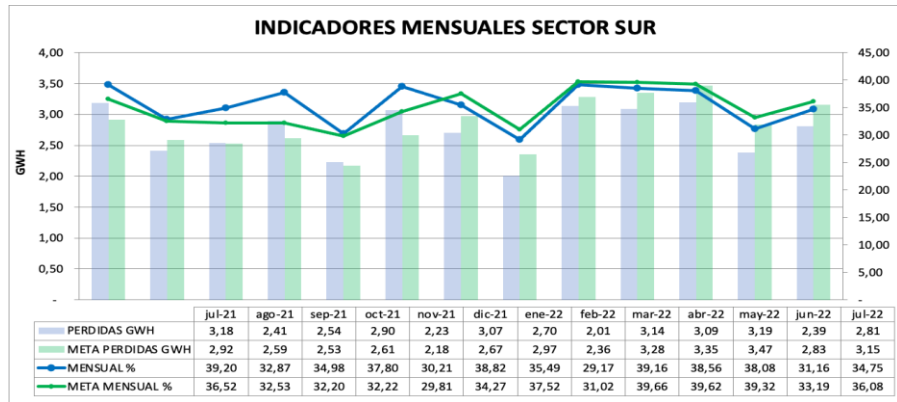
Figura 14. Evolución de pérdidas por sector – zona sur.



Fuente: Elaboración propia.

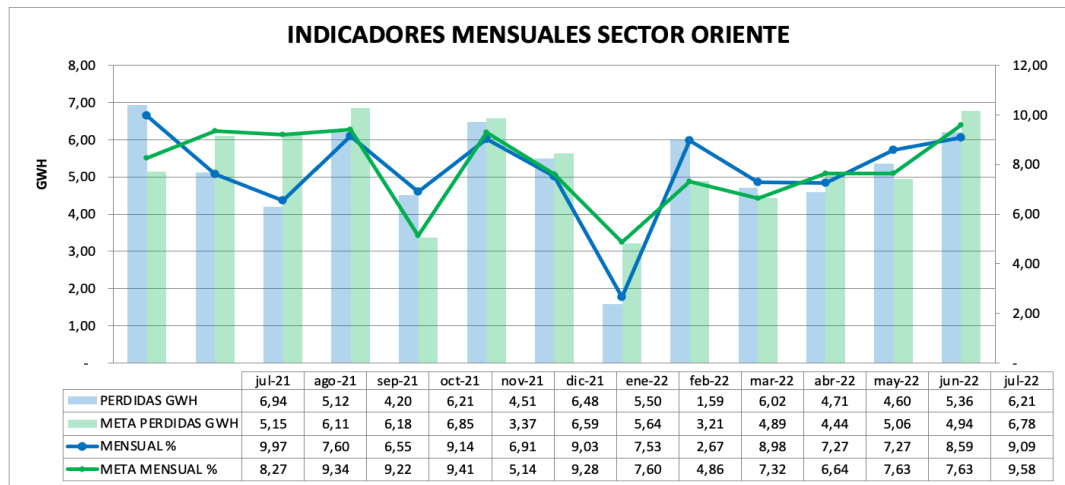
Sin lugar a duda, el último año ha sido el más próspero para esta zona. El recurso operativo y económico que se ha dedicado para impactar fuertemente los resultados se pueden ver reflejados en los siguientes comportamientos de la figura 15:

Figura 15. Indicadores mensuales sector sur.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Indicadores mensuales sector oriente.



Fuente: Elaboración propia.

7.1.3 Calidad en la prestación del servicio.

Las variables de calidad en la prestación del servicio se han constituido tal vez como el más importante criterio para la identificación de proyectos de inversión en los operadores de red con el fin de disminuir las interrupciones en el suministro y disminuir también la duración de las fallas cuando estas se presentan en un sistema vulnerable como lo es el eléctrico.

La prestación se ha considerado como un criterio prioritario para la identificación de proyectos, en aquellas zonas donde la demanda de energía eléctrica no es alta, permitiendo plantear proyectos de mejoramiento de la calidad en zonas con circuitos de una gran longitud y con una baja demanda, esto especialmente en las zonas rurales.

En su momento, la empresa Enertolima logró reducir los indicadores de calidad media desde el año 2016 y al llegar Celsia al departamento se trazó como principal objetivo la mejora de la prestación.

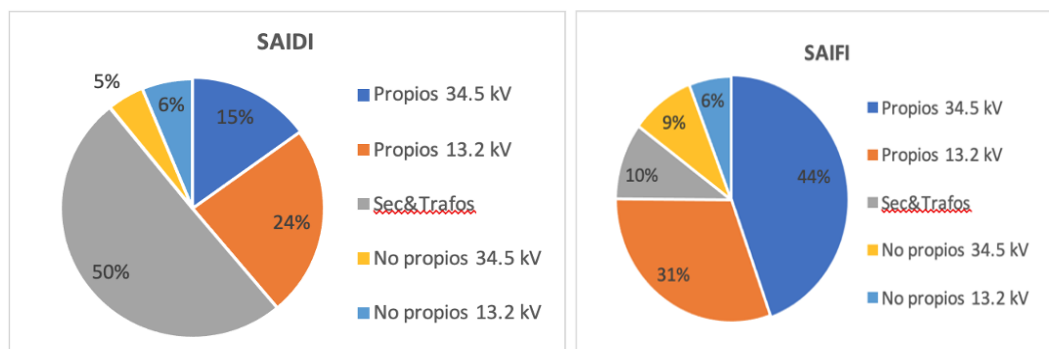
Indicadores SAIDI y SAIFI.

Las prácticas empleadas para reducir el indicador SAIDI, el cual contabiliza el tiempo promedio de las interrupciones por usuario, se basan en un aumento de la eficiencia y número del personal operativo para disminuir tiempos de respuesta, instalación de equipos de corte telecontrolados para disminuir o eliminar tiempos de normalización, habilitación de suplencias e instalación de equipos de corte para fraccionar circuitos y así disminuir la cantidad de usuarios afectados por una falla.

Por su parte, las prácticas empleadas para reducir el indicador SAIFI, el cual contabiliza el número de interrupciones promedio por usuario, se basan en evitar fallas antes de que sucedan y disminuir la cantidad de usuarios afectados para cada falla. Lo anterior implica una optimización en el mantenimiento de las redes, podas, protecciones y la instalación de equipos de corte para partir los circuitos y así disminuir la cantidad de usuarios afectados en una falla.

Las estrategias planteadas representan medidas generales de disminución de los indicadores, sin embargo, también se ha podido realizar un análisis más exhaustivo e identificar puntos de la red y oportunidades de mejora en todo el sistema. Las siguientes imágenes muestran la distribución del indicador SAIDI y SAIFI en el año 2019 según cinco causas internas:

Figura 17. Clasificación de interrupciones



Fuente: Elaboración propia.

Las causas acá expuestas, en el caso del SAIDI, se describen a continuación:

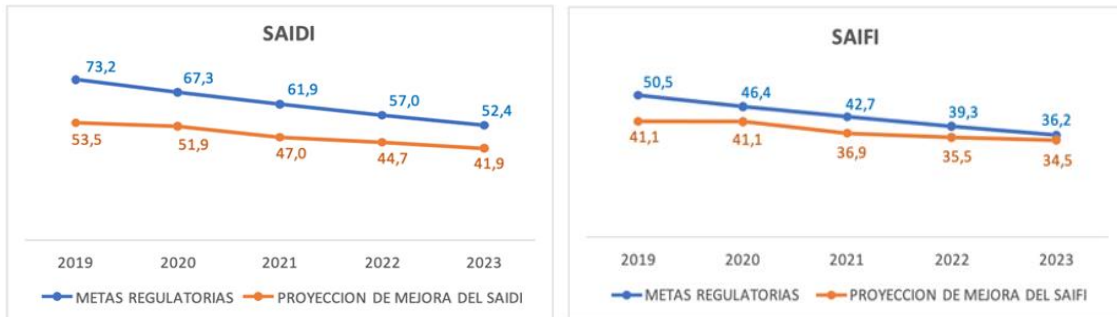
- Propios 34.5 kV: SAIDI debido al tiempo de indisponibilidad por eventos en circuitos de 34.5 kV que ocasionan el disparo de la cabecera del circuito en su respectiva subestación.
- Propios 13.2 kV: SAIDI debido al tiempo de indisponibilidad por eventos en circuitos de 13.2 kV que ocasionan el disparo de la cabecera del circuito en su respectiva subestación.
- Sec&Trafos: SAIDI debido al tiempo de indisponibilidad por eventos en seccionamientos de 13.2 kV y en transformadores de distribución.
- No propios 34.5 kV: SAIDI debido al tiempo de indisponibilidad por eventos en la entrada general de 34.5 kV de la subestación que ocasionan una salida de todos los alimentadores.

- No propios 13.2 kV: SAIDI debido al tiempo de indisponibilidad por eventos en la entrada general de 13.2 kV de la subestación que ocasionan una salida de todos los alimentadores. Esta causa también se refiere al SAIDI debido al tiempo de indisponibilidad por eventos en equipos de corte de suplencia.

En la imagen donde se expone el SAIDI se observa que el 50% del indicador en el año 2017 se debió a eventos ocurridos en seccionamientos en 13.2 kV o en transformadores de distribución. También se observa que la cuarta parte del indicador fue a causa de eventos en los equipos de corte en la cabecera de los circuitos de 13.2 kV. En el caso del SAIFI se observa que tres cuartas partes del indicador se debe a eventos propios de 34.5 kV y de 13.2 kV.

Teniendo en cuenta la relevancia de los indicadores de prestación, Celsia se ha puesto la meta de cumplir con una senda de reducción que se presenta a en la figura 18:

Figura 18. Metas de mejora en SAIDI y SAIFI



Fuente: Elaboración propia.

Hallazgos que afectan la calidad en la prestación.

- Estado físico de la infraestructura existente

Se ha identificado la infraestructura con deficiencias físicas que, debido a su antigüedad, tienen una alta probabilidad de falla en el corto y mediano plazo.

Estos activos requieren que la compañía acometa nuevas inversiones que garanticen su funcionamiento y continuar con la prestación del servicio de una manera segura y confiable. Aunque algunos de estos activos se encuentran cercanos al final de su vida útil, los refuerzos con obras nuevas garantizarán su operación normal.

- Normalización de las condiciones operativas del sistema

Celsia es una empresa comprometida con la modernización de sus activos, desarrollando incluso ideas innovadoras en todo su sistema, lo que se traduce en la mejora continua de todos sus indicadores como compañía. Con el propósito de seguir mejorando la operación, se plantea la normalización de las condiciones de operación presentes en el sistema que no se ajustan a la normatividad vigente.

- Imposibilidad de construcción de nueva infraestructura

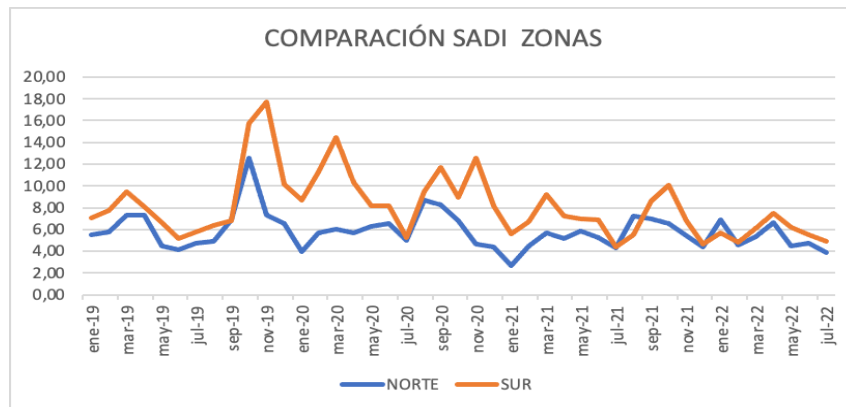
A partir de los proyectos identificados en el plan de expansión 2015-2028, se consideran aquellos que no se puedan materializar debido a factores tales como: dificultad para compra de terrenos, restricciones impuestas por los planes de ordenamiento territorial, afectación a comunidades. Por estas razones se plantean obras alternas que cumplen con los mismos propósitos manteniendo los beneficios inicialmente identificados.

7.1.4 Caracterización del SAIDI – Visión general y por sectores.

Desde la llegada de Celsia al departamento, sin duda la mayor parte de las inversiones han estado enfocadas en mejorar la prestación del servicio. En la siguiente gráfica se puede apreciar el comportamiento comparativo de las dos zonas del Tolima en los últimos dos años.

En la figura 19 se evidencia que el comportamiento de la zona norte hasta julio de 2020 fue notablemente superior al de la zona sur; sin embargo, a partir de 2021 las brechas se empezaron a cerrar.

Figura 19. Comparación SAIDI por zonas



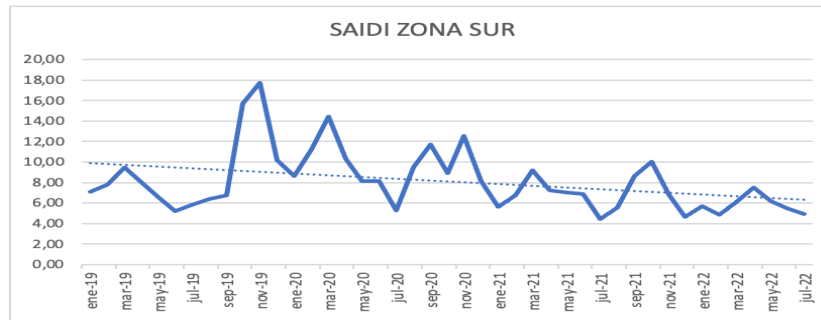
Fuente: Elaboración propia.

En 2022 se aprecia un comportamiento muy similar en ambas zonas, de hecho, en enero fue la primera vez en la historia en la que la zona sur tuvo un mejor SAIDI que la zona norte. Esto quiere decir, que las inversiones realizadas han servido para que la duración de las fallas cuando estas se presentan en el sistema eléctrico sea cada vez menor. Estos trabajos han permitido que para la zona sur donde se llegaron a tener tiempos de restablecimiento superiores a las 17 horas, hoy se tengan tiempos cercanos a las 5 horas. Así mismo, para la zona norte donde se llegaron a tener fallas cercanas a las 13 horas para su restablecimiento, hoy se pueda hablar de 4 horas en promedio.

Zona Sur

Como se ha mencionado, la zona sur es la que mayor mejora ha presentado como lo confirma la línea de tendencia de la figura 20.

Figura 20. Comportamiento SAIDI zona sur.



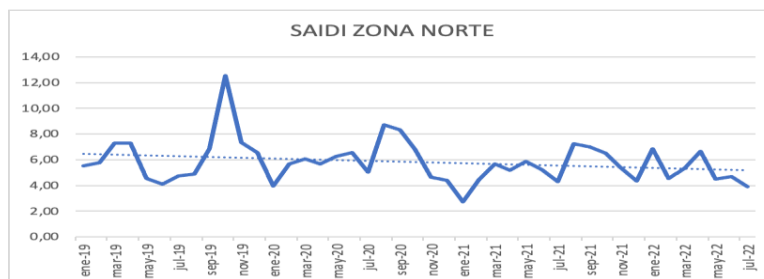
Fuente: Elaboración propia.

Es importante destacar que la zona sur atiende 27 municipios en total y el último año (julio de 2021 a julio de 2022) el SAIDI promedio ha sido de 6,21 horas. La gran mayoría de los municipios han estado por debajo del valor promedio, sin embargo, Coyaima con 10,07 horas y San Luis 10,28 horas son las que más se alejan del promedio. Allí las redes no presentan el mejor estado y por su extensión, es complejo el desplazamiento.

Zona Norte

En cuanto a la zona norte, presenta una particularidad y es que se ve afectada por el comportamiento de la capital Ibagué y se esquematiza en la figura 21.

Figura 21. Comportamiento SAIDI zona norte.



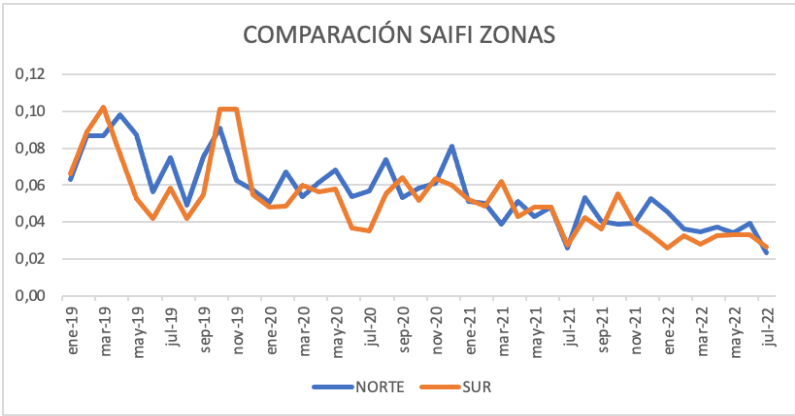
Fuente: Elaboración propia.

Aun así, los números presentan una mejora indudable y la tendencia marca una mejora constante. La zona norte atiende 23 municipios y el último año (julio de 2021 a julio de 2022) el SAIFI promedio ha sido de 5,49 horas. Al igual que la zona sur, la mayoría de los municipios han estado por debajo del valor promedio, sin embargo, Murillo con 10,08 horas y Valle de San Juan 10,63 horas. En estos municipios la ruralidad, dispersión y condiciones climáticas son las variables que más afectan la reacción más rápida de la operativa para la normalización de las afectaciones.

7.1.5 Caracterización del SAIFI - Visión general y por sectores.

Recordando que el SAIFI es el indicador mediante el cual se puede determinar la frecuencia con la que ocurren las fallas en un tiempo determinado según el número de clientes, se puede apreciar en la figura 22 como ha sido la evolución desde 2019.

Figura 22. Comparación SAIFI por zonas



Fuente: Elaboración propia.

A diferencia de cómo se pudo apreciar en el análisis del SAIFI, la zona sur por tener menor cantidad de clientes aporta menor cantidad de veces al SAIFI. Esto también quiere decir que la frecuencia percibida por los clientes es menor. Surge un primer punto de inflexión en el que se relacionan los dos indicadores y es poder afirmar que aunque se

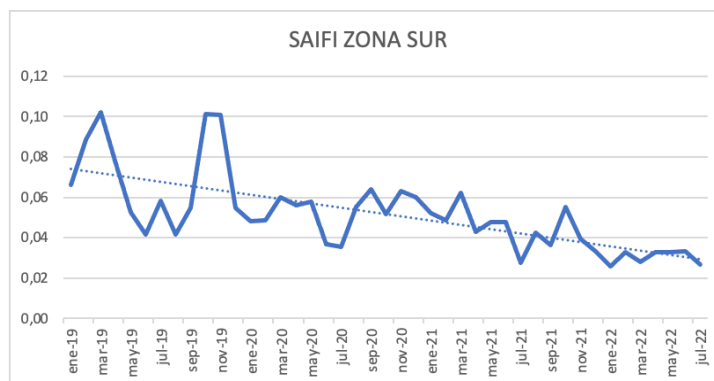
presentan menos fallas en la zona sur, estas son de mayor duración como lo veíamos líneas atrás.

Para disminuir la frecuencia de las fallas, Celsia ha hecho unas inversiones muy importantes y muestra de ellos son las cifras que se aprecian en la figura anterior.

Zona Sur

La línea de tendencia para el caso particular de zona sur muestra una mejora notable en los últimos dos años. Se pasó de tener un aporte de 0,1 veces en enero de 2019 a 0,03 en julio de 2022 como se puede apreciar a continuación en la figura 23.

Figura 23. Comportamiento SAIFI zona sur.



Fuente: Elaboración propia.

Se ha querido comparar dos periodos de tiempo por su criticidad histórica y los altos consumos de energía:

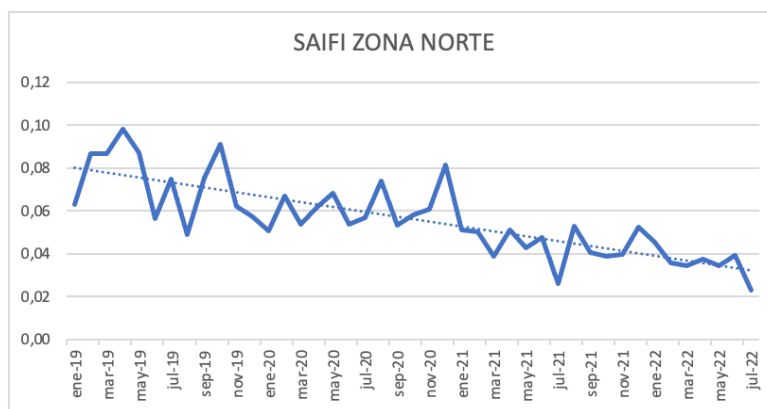
- Comparación de la variación del SAIFI año corrido julio 2020 a julio 2021. Época de fuertes confinamientos por efecto de la pandemia por covid 19
- Comparación de la variación del SAIFI año corrido julio 2021 a julio 2022. Época de reactivación económica y apertura de la industria el comercio post pandemia.

De este ejercicio se pudo concluir que la mejora en SAIFI para la zona sur fue en promedio del 33,1%. De igual manera la mejora implicó que para cierre de 2021 el aporte total al indicador SAIFI Tolima haya sido de 14,45 veces lo que representa el 54,13%, hecho relevante si se tiene en cuenta que en el pasado, el aporte al SAIFI de la zona sur superaba el 75%.

Zona Norte

La zona norte también marca una tendencia sólida en la mejora de la frecuencia de las interrupciones como se puede apreciar en la figura 24. Sin embargo, tiene un valor representativo si se tiene en cuenta que por la influencia de la capital Ibagué, esta zona tiene casi el doble de clientes. Por ende, al presentarse una falla en un ramal o transformador de Ibagué el impacto es mucho mayor a que si se presenta en el municipio de Rovira donde la diferencia son miles de clientes por transformador.

Figura 24. Comportamiento SAIFI zona norte.



Fuente: Elaboración propia.

Tomando como periodos de análisis los mismos que en el caso de zona sur se tiene que:

- La mejora promedio acumulada fue de 7,3%. Un valor que a priori se aprecia bajo, sin embargo, obedece a eventos reiterativos en municipios como Cajamarca y Líbano que entre los dos suman una cantidad importante de clientes.
- La mejora, aunque leve, implicó que para cierre de 2021 el aporte total al indicador SAIFI Tolima haya sido de 12,24 veces lo que representa el 45,48%, hecho relevante si se tiene en cuenta la influencia y peso de Ibagué en la zona.

7.1.6 Acciones de CELSIA para la reducción de pérdidas y mejora en la prestación del servicio.

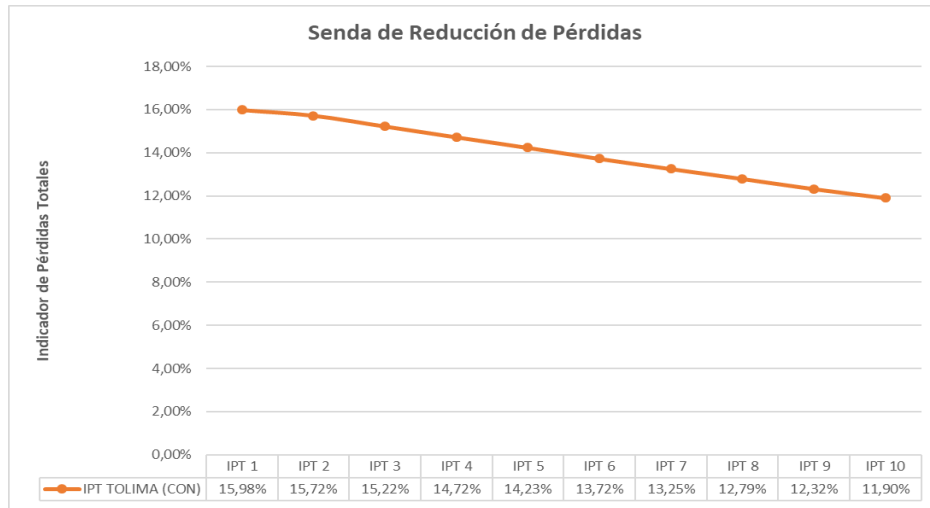
Planes de recuperación de energía.

De acuerdo con el entendimiento de cada problema, la empresa ha diseñado un plan para reducción de pérdidas efectivo y sostenible de acuerdo con la eficiencia enmarcada en las resoluciones CREG 015 y CREG 070 de 2018.

En principio se ha definido como meta de la senda de reducción de pérdidas a 10 años, un valor de 11.90%,

De acuerdo con esta meta definida, y a la metodología establecida en el numeral 7.1.1 de la resolución CREG 015 de 2018, y a las pérdidas eficientes de la Circular CREG 052 - 2010; la figura 25 presenta la senda de pérdidas definida para el OR Celsia en el mercado de Tolima.

Figura 25. Senda de reducción de pérdidas Celsia Tolima – CREG 015 de 2018



Fuente: Elaboración propia.

Conforme a la experiencia de la empresa, se definen los sub-procesos centrales de la estrategia, los cuales se basan en:

- Gestión de la medida.
- Análisis y segmentación de las pérdidas.
- Control de acceso a la red.
- Normalización de la instalación de clientes.
- Actividades de gestión operativa (inspección y revisión de instalaciones).
- Mecanismos de control sostenibles, fundamentados en procesos de gestión social y apropiación de herramientas tecnológicas.

La forma de alcanzar esa meta es entonces, a través de la definición de un plan táctico, alcanzable, medible y cuantificable tanto en energía como en dinero y garantizando mediante la definición de índices de gestión, todo enmarcado dentro de una propuesta financiera que garantiza, a través de las inversiones contenidas en dicho plan, la recuperación de la energía que se pierde, así como la protección de la demás energías

inyectadas en el sistema, generando además otros intangibles como la cultura en el manejo de la energía por parte de los clientes.

La proyección de la inversión para llegar al cumplimiento de la senda comprometida con el regulador asciende aproximadamente a 270 mil millones de pesos y según las líneas descritas previamente, los valores para cada zona del departamento del Tolima se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Resumen inversión proyecto reducción de pérdidas

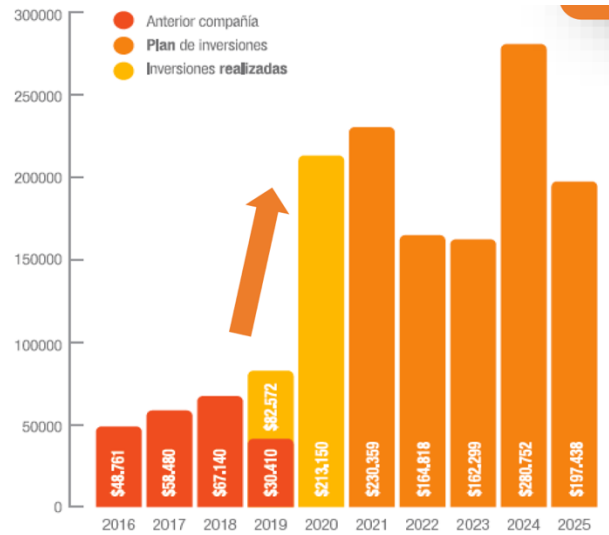
	Tolima Norte	Tolima Sur
Medida centralizada	\$49.138	\$35.619
Costo Normalización de Redes	\$30.930	\$40.560
Inversiones Reducción	\$28.269	\$34.180
Mantenimiento Preventivo	\$5.000	\$2.600
Coordinación proyecto TOLIMA NORTE	\$10.800	\$8.200
Plan gestión social en TOLIMA NORTE	\$12.215	\$11.613
Total TOLIMA NORTE	\$136.352	\$132.772

Plan de inversiones para la mejora de la prestación del servicio.

En 2018, la entonces Enertolima presentó a la CREG un plan de inversiones enfocado en la mejora de la calidad del servicio en el departamento que rondaba los 630 mil millones de pesos. Al llegar Celsia en 2019, con un músculo financiero más robusto, se amplió el alcance del plan de inversiones y se proyecta que a 2025 se invertirán en total más de un billón de pesos.

En la figura 26 se muestra año a año el nivel de inversiones realizadas por la anterior empresa y por Celsia al llegar al Tolima.

Figura 26. Resumen inversiones mejoramiento de calidad



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta el estado de la infraestructura y las inversiones previas, el enfoque del plan de inversiones ha sido el siguiente:

- Remodelación de redes de media y baja tensión.
- Construcción de nuevos circuitos.
- Modernización y automatización de subestaciones.
- Construcción de subestaciones nuevas con tecnologías de vanguardia.
- Instalación de equipos telecontrolados en las redes de media tensión.

7.2 OBJETIVO ESPECÍFICO 2: IDENTIFICAR LA RELACIÓN ENTRE LAS DEFICIENCIAS EN LA CALIDAD DEL SERVICIO Y LA SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA DEL NEGOCIO.

Como se mencionó en el desarrollo del primer objetivo, se pueden apreciar las deficiencias en la calidad del servicio desde dos aristas: i) indicadores de prestación del servicio SAIDI y SAIFI; ii) indicadores de pérdidas de energía.

Para dar respuesta a este segundo objetivo específico optó por la herramienta de Correlación de Pearson, en donde las variables técnicas SAIDI, SAIFI, IPT y las variables con las cuales se puede medir la sostenibilidad son cuantitativas, según los reportes que la Compañía ha realizado a mediciones internacionales como es el caso de DJSI (Dow Jones Sustainability Index) y Standard & Poor's para sus mediciones de riesgo.

En la primera subsección se ampliará la definición de sostenibilidad en Celsia y los elementos que la componen de manera detallada con el objetivo de ampliar el contexto y comprender de mejor manera el desarrollo de la segunda y tercera parte. Seguidamente, la subsección dos mostrará los resultados de análisis de correlación entre los indicadores de calidad es decir prestación (SAIDI y SAIFI) vs pérdidas. Finalmente, la última subsección buscará establecer la correlación de las variables técnicas con la sostenibilidad económica del negocio específicamente.

7.2.1 Dimensiones de sostenibilidad en Celsia.

Se tomó como referencia el informe enviado por Celsia en 2020 a S&P Global Switzerland S.A y la información no oficial que se preparó para el reporte de 2021 y se destacaron las siguientes variables reportadas:

Dimensión Económica:

- Gobierno corporativo.
 - Estructura de la junta directiva.
 - Presidencia o dirección principal.
 - Política de diversidad.
 - Diversidad de género.
 - Efectividad de la junta directiva.
 - Antigüedad promedio de los miembros de la junta directiva.
 - Experiencia específica en el sector de los miembros de junta.
 - Compensación ejecutiva y métricas de éxito.
 - Compensación ejecutiva alineada con el desempeño de largo plazo.
 - Responsables de la gestión.
 - Requisitos para los responsables de la gestión.
 - Responsables del gobierno.
 - Influencia de familias al interior de la junta directiva.
 - Acciones de doble clase.
 - Divulgación de la compensación media o media de todos los empleados y la compensación del director ejecutivo.
 - Gobierno de medios y agentes interesados.
- Materialidad.
 - Asuntos materiales.
 - Divulgación de materialidad.
- Gestión eficaz de riesgos y crisis.
 - Gobernanza del riesgo.
 - Análisis de sensibilidad y pruebas de estrés (incluyendo agua y clima).
 - Riesgos emergentes.
 - Cultura de riesgo.
 - Gestión de medios y agentes interesados.
- Códigos de conducta empresarial.

- Código de conducta.
- Cobertura.
- Corrupción y soborno.
- Sistemas y procedimientos.
- Prácticas anticompetitivas.
- Casos de corrupción y sobornos.
- Información sobre infracciones.
- Ética comercial de medios y agentes interesados.
- Gestión de la relación con el cliente.
 - Medición de satisfacción.
 - Monitoreo de sustentabilidad corporativa.
- Influencia Política.
 - Aportes y otros gastos a fines políticos.
 - Mayores aportes y gastos para fines políticos.
 - Gestión de medios y agentes interesados para fines políticos.
- Gestión de la cadena de suministro.
 - Código de conducta del proveedor.
 - Sensibilización.
 - Exposición a riesgos.
 - Medidas de gestión de riesgo.
 - Integración del SCM (Supply Chain Management) con el ESG (Environmental, Social, Governance).
 - Informes de transparencia.
 - Gestión de medios y agentes interesados con la cadena de suministro.
- Seguridad de la Información/Ciberseguridad y Disponibilidad del Sistema.
 - Gobernanza de seguridad de la información/ciberseguridad.
 - Medidas de seguridad.
 - Proceso e Infraestructura.
 - Violaciones de seguridad de la información/ciberseguridad.
 - Incidentes de infraestructura de TI (tecnologías de la información).

- Incidentes de TI y ciberseguridad con medios o agentes interesados.
- Gestión de la innovación.
 - Gasto en I+D.
 - Innovación abierta.
- Oportunidades de mercado.
 - Nuevas Oportunidades de Negocio (Electricidad y Servicios Múltiples).
 - Presupuesto de Inversión Actual (Electricidad y Servicios Múltiples).
 - Ingresos por Nuevas Oportunidades de Negocio.
 - Penetración de medición inteligente.
- Protección de la privacidad.
 - Política de privacidad: Sistemas/Procedimientos.
 - Información de los clientes.
 - Violaciones de la privacidad del cliente: quejas.
 - Gestión de privacidad en medios y agentes interesados.

La figura 27 muestra un resumen de los elementos que componen la dimensión económica de la sostenibilidad para Celsia.

Figura 27. Componentes de la dimensión económica de la sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia.

Dimensión Ambiental:

- Informes ambientales.
 - o Informes ambientales – cobertura.
 - o Informes ambientales – garantías.
- Política ambiental y sistema de gestión.
 - o Cobertura de los requisitos/directrices corporativas.
 - o Certificación, auditoría y verificación del sistema de gestión ambiental.
 - o Violaciones ambientales.
 - o Disponibilidad pública de los resultados de Evaluación de Impacto Ambiental y Evaluación de Impacto Social.
 - o Gestión ambiental con medios y agentes interesados.
- Ecoeficiencia operacional.
 - o Emisiones Directas de Gases de Efecto Invernadero.

- Emisiones Indirectas de Gases de Efecto Invernadero.
- Consumo de energía.
- Consumo de agua.
- Desperdicios.
- Emisiones de óxidos de nitrógeno.
- Emisiones de óxidos de azufre.
- Residuos de ceniza y yeso.
- Emisiones directas de mercurio.
- Emisiones de polvo.
- Residuos peligrosos.
- Emisiones de SF₆.
- Biodiversidad.
 - Exposición y evaluación de la biodiversidad.
 - Gestión de la biodiversidad en medios y con agentes interesados.
- Estrategia climática.
 - Gestión de incentivos.
 - Estrategia de cambio climático.
 - Riesgos financieros del cambio climático.
 - Oportunidades financieras derivadas del cambio climático.
 - Escenarios de análisis.
 - Metas relacionadas con el clima.
 - Impactos de la estrategia climática.
 - Emisiones de gases de efecto invernadero de alcance 3.
 - Precio interno del carbono.
- Generación de energía eléctrica.
 - Matriz de generación.
 - Indicadores de rendimiento en centrales nucleares.
 - Eficiencia en generación.
 - Disponibilidad de plantas.
- Transmisión y distribución de energía eléctrica.

- Pérdidas en Transmisión y Distribución de Electricidad.
- Confiabilidad de Transmisión y Distribución de Electricidad.
- Tasa de fugas de gas.
- Gestión de medios y agentes interesados en transmisión y distribución.
- Riesgos relacionados con el agua.
 - Exposición a áreas con estrés hídrico.
 - Gestión de Riesgos - Cantidad y Calidad.
 - Gestión de Riesgos - Cambios Regulatorios y Estructura de Precios.
 - Gestión de Riesgos - Conflictos de Partes Interesadas.
 - Impactos comerciales de los incidentes relacionados con el agua.

La figura 28 muestra un resumen de los elementos que componen la dimensión ambiental de la sostenibilidad para Celsia.

Figura 28. Componentes de la dimensión ambiental de la sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia.

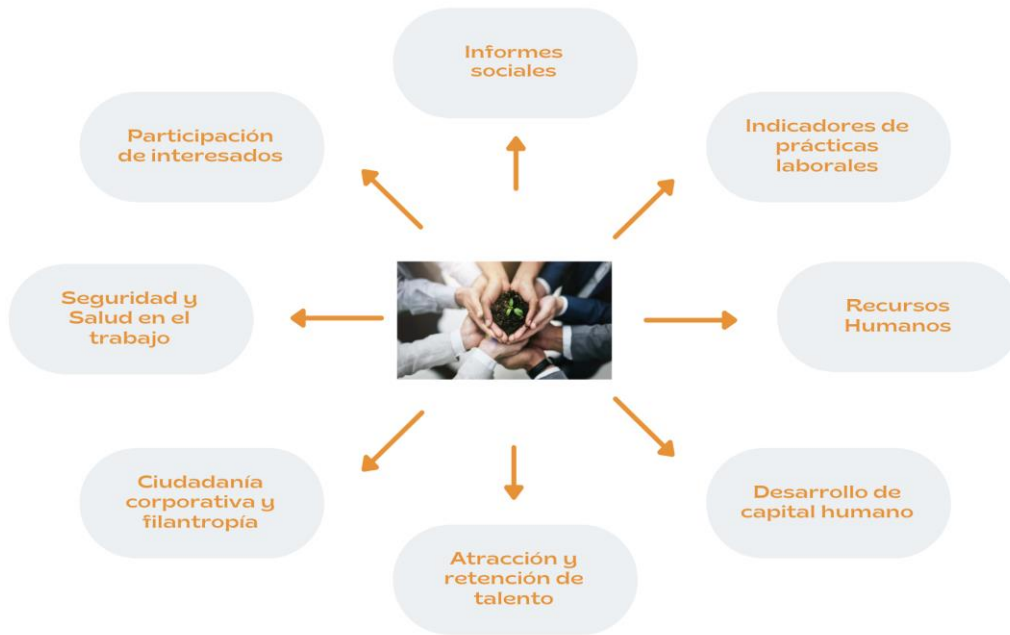
Dimensión Social:

- Informes sociales.
 - Informes sociales – cobertura.
 - Informes sociales – garantías.
- Indicadores de prácticas laborales.
 - Diversidad.
 - Igualdad de remuneración.
 - Libertad de asociación.
 - Gestión de medios y agentes interesados en cuanto a indicadores de prácticas laborales.
- Recursos Humanos.
 - Derechos Humanos – Compromiso.
 - Derechos humanos – cumplimiento del debido proceso.
 - Derechos Humanos – Garantías.
 - Derechos Humanos – Divulgación.
 - Gestión en medios y con agentes interesados de los derechos humanos.
- Desarrollo del capital humano.
 - Entrenamientos, capacitaciones y desarrollo.
 - Programas de desarrollo para los empleados.
 - Retorno de la inversión en capital humano.
 - Retorno de la inversión en desarrollo de los empleados.
- Atracción y retención de talento.
 - Evaluación del desempeño individual.
 - Incentivos de largo plazo.
 - Tasa de rotación de empleados.
 - Tendencia de compromiso de los empleados.
 - Gestión de medios y agentes interesados en cuanto a la atracción y retención de talento.
- Ciudadanía corporativa y filantropía.

- Estrategia de grupo.
- Actividades filantrópicas.
- Entradas económicas.
- Seguridad y Salud en el trabajo.
 - Fatalidades.
 - Tasa de frecuencia de lesiones con tiempo perdido (LTIFR) – Empleados.
 - Tasa de frecuencia de lesiones con tiempo perdido (LTIFR) – Contratistas.
 - Gestión en medios y agentes interesados en seguridad y salud.
- Participación de los interesados.
 - Participación de las partes interesadas – Gobernanza.
 - Participación de las partes interesadas – Implementación.
 - Compromiso de las partes interesadas – revisión.

La figura 29 muestra un resumen de los elementos que componen la dimensión ambiental de la sostenibilidad para Celsia.

Figura 29. Componentes de la dimensión social de la sostenibilidad



Fuente: Elaboración propia.

Como hallazgo relevante se pudo evidenciar que, en Celsia si bien se identifican claramente las tres dimensiones de la sostenibilidad, no es común que se traten de forma individual. Por el contrario, hablar de sostenibilidad implica tener valor en las tres dimensiones descritas.

7.2.2 Resultados del análisis de correlación entre prestación del servicio y pérdidas de energía por zona.

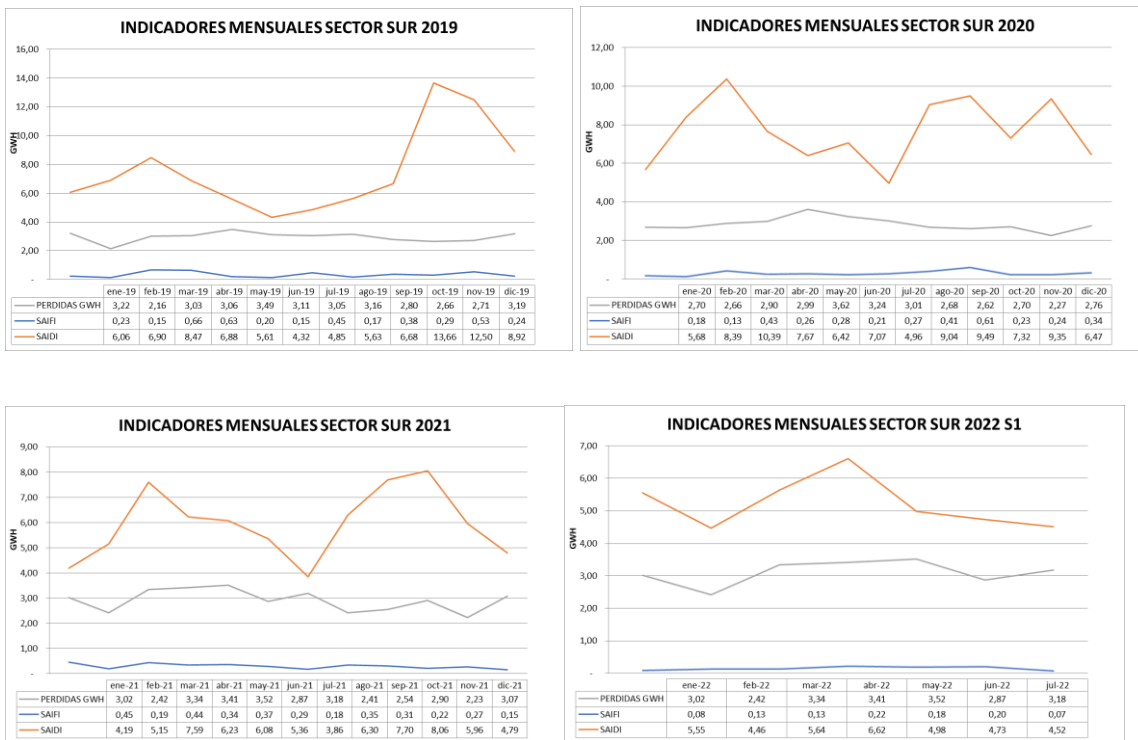
Zona Sur:

La zona sur del departamento del Tolima está compuesta por seis municipios. Es la más pequeña en cantidad de clientes, pero la más grande en territorio. Geográficamente es una zona montañosa, dispersa, con vías de acceso muy complicadas y en su mayoría rural. La mayoría de las vías son intermunicipales y terciarias, no contempla corredores viales de

conexión interdepartamental. Los municipios que componen la zona son: Ataco, Chaparral, Planadas, Rioblanco, Roncesvalles, San Antonio.

Año a año se ha querido mostrar el comportamiento de las variables de calidad, las cuales en primera medida muestran un comportamiento independiente como se aprecia en la figura 30.

Figura 30. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona sur



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de las pérdidas puntuales en GWh (línea gris) para la zona sur del Tolima desde enero de 2019 presentaron una tendencia acumulada a la reducción y al calcular el coeficiente de correlación de Pearson se obtuvo un valor de 0,0338 lo anterior correspondiente a los planes agresivos que se han desarrollado desde la llegada de Celsia al departamento.

En lo que se refiere al indicador SAIDI (línea naranja) que hace referencia a la duración promedio de las fallas, se pudo apreciar que en 2019 la duración de las fallas fue superior debido a la condición de los activos en la zona. Se comenzaron a hacer inversiones importantes en todos los niveles de tensión y la duración de las interrupciones mejoró notablemente. En 2019 se tuvieron meses donde el promedio de duración alcanzó las 13 horas, para el primer semestre de 2022 se alcanzó el mejor tiempo ubicándose en 4,52 horas en promedio. El coeficiente de correlación de Pearson para el SAIDI tuvo un valor de 0,1221.

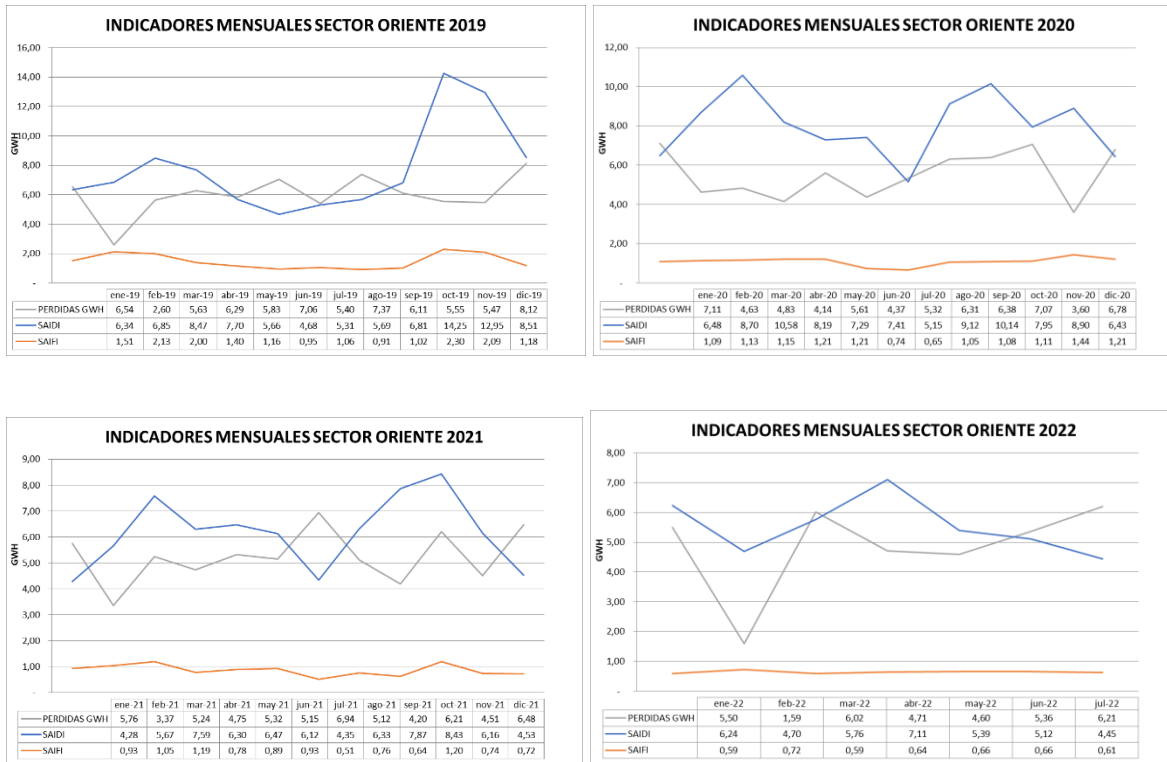
Finalmente, el SAIFI (línea azul) que hace referencia a la frecuencia de las fallas en veces, es el indicador que mayor mejora presentó. Su coeficiente de correlación de Pearson es de 0,1312 y pasó de tener picos en 2019 de 0,66 veces a tener un comportamiento en segundo semestre de 2022 de 0,07 veces.

Zona Oriente:

La zona oriente del departamento del Tolima está compuesta por veinte municipios. Es la segunda más grande en cantidad de clientes y la tercera más extensa geográficamente hablando. Contempla vías de relevancia nacional, ya que por sus municipios cruza parte de la conexión con la capital Bogotá y todo el centro del país. En cuanto al clima se refiere es una zona calurosa, lo cual induce al alto consumo de energía por la instalación de calefacción en el sector residencial. Es la zona que presenta los inviernos más fuertes ya que, por las tormentas en planicies y vientos de gran fuerza, ocasiona caída de infraestructura eléctrica y aumento de las indisponibilidades. Los municipios que componen la zona son: Alpujarra, Carmen de Apicalá, Coello, Coyaima, Cunday, Dolores, Espinal, Flandes, Guamo, Icononzo, Melgar, Natagaima, Ortega, Prado, Purificación, Ricaurte y Nilo (municipios atendidos de Cundinamarca), Saldaña, Suarez y Villarica.

Año a año se muestra el comportamiento de las variables de calidad, las cuales en primera medida muestran una correlación entre las variables de pérdidas y SAIDI como se aprecia en la figura 31.

Figura 31. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona Oriente



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de las pérdidas puntuales en GWh (línea gris) para la zona oriente del Tolima desde enero de 2019 presentó una tendencia acumulada a la reducción y al calcular el coeficiente de correlación de Pearson se obtiene un valor de 0,0486 lo anterior correspondiente a los planes agresivos que se han desarrollado desde la llegada de Celsia al departamento y es de las cuatro zonas la que mayor recuperación de energía ha presentado.

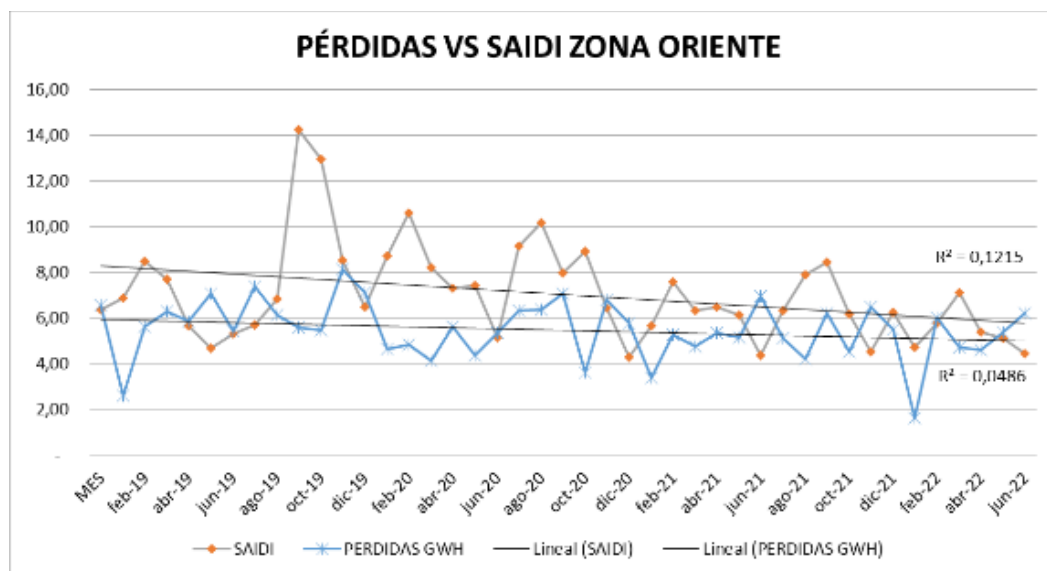
En lo que se refiere al indicador SAIDI (línea naranja) que hace referencia a la duración promedio de las fallas, se pudo apreciar que en 2019 la duración de las fallas era superior debido a la condición de los activos en la zona. Se comenzaron a hacer inversiones importantes en todos los niveles de tensión y la duración de las interrupciones ha mejorado notablemente. En 2019 se tuvieron meses donde el promedio de duración alcanzó las 14 horas, para el primer semestre de 2022 se alcanzó el mejor tiempo ubicándose en 4,45 horas

en promedio. El coeficiente de correlación de Pearson para el SAIDI tuvo un valor de 0,1215.

Finalmente, el SAIFI (línea azul) que hace referencia a la frecuencia de las fallas, es el indicador que mayor mejora ha presentado. Su coeficiente de correlación de Pearson es de 0,4751 y pasó de tener picos de frecuencia en 2019 de 2,3 veces a tener un comportamiento en segundo semestre de 2022 de 0,61 veces, lo que quiere decir que los clientes perciben menos fallas al mes.

Se pudo identificar una relación interesante entre el comportamiento de las pérdidas en la zona oriente y el indicador SAIDI como se aprecia en la figura 32.

Figura 32. Análisis de correlación IPT VS SAIDI zona oriente



Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de correlación de Pearson para la variable SAIDI en comparación con el indicador de pérdidas puntuales fue de 0,1215 contra un 0,0486 lo cual se podría interpretar con que la duración de las fallas en la zona oriente del Tolima tuvieron un grado de relación inverso con el indicador de pérdidas.

Esto se pudo comprobar en meses donde la duración de las fallas aumentó y las pérdidas disminuyeron.

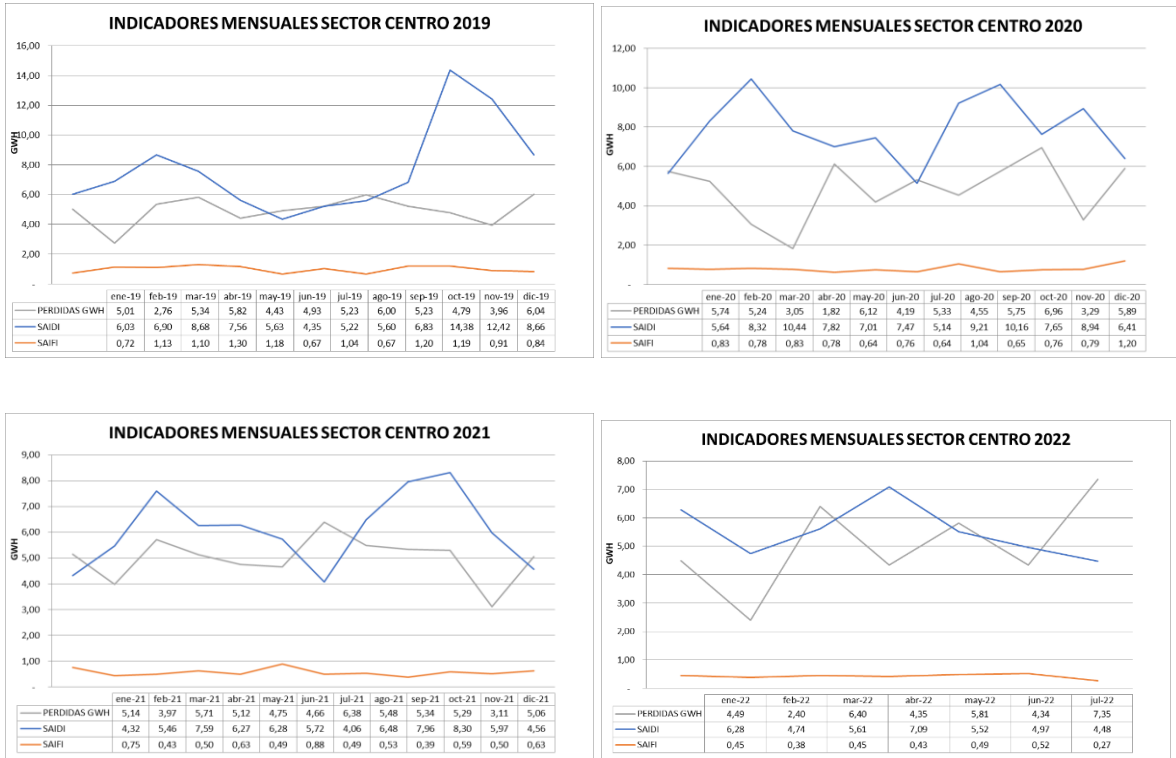
En este tipo de relaciones, el clima de la zona, factor que se resaltó más atrás como clave para el comportamiento de las variables de calidad, influyó de tal manera que a mayores lluvias la duración de las fallas puede aumentar y el consumo de los sectores residencial e industrial disminuir, disminuyendo también las pérdidas. Por el contrario, en época de verano, la duración de las fallas puede disminuir y las pérdidas de energía aumentar con el mayor consumo y la búsqueda de los clientes por defraudar para pagar menos valor por el servicio.

Zona Centro:

La zona centro del departamento del Tolima está compuesta por siete municipios incluida la capital Ibagué. Es la zona más pequeña en extensión, pero la que más clientes posee por la influencia de la capital. En cuanto a vías de conexión, representa el corredor vial más importante del país con el Cruce de la Cordillera Central o más conocido Túnel de la Línea y el proyecto de conectar por doble calzada a Cajamarca con la capital Ibagué. Los municipios que componen la zona son: Alvarado, Cajamarca, Ibagué, Piedras Rovira, San Luis y Valle de San Juan.

Año a año se expone el comportamiento de las variables de calidad, las cuales en primera medida mostraron una correlación entre las variables de pérdidas y SAIDI como se presentó con la zona oriente y se aprecia en la figura 33.

Figura 33. Comportamiento de SAIDI, SAIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona centro



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de las pérdidas puntuales en GWh (línea gris) para la zona centro del Tolima desde enero de 2019 presentó una tendencia acumulada al alza y al calcular el coeficiente de correlación de Pearson se obtuvo un valor de 0,0063. La zona centro no ha tenido un trabajo significativo en reducción de pérdidas, ya que la complejidad de las zonas sur y oriente han absorbido la operativa y los recursos disponibles para tal fin.

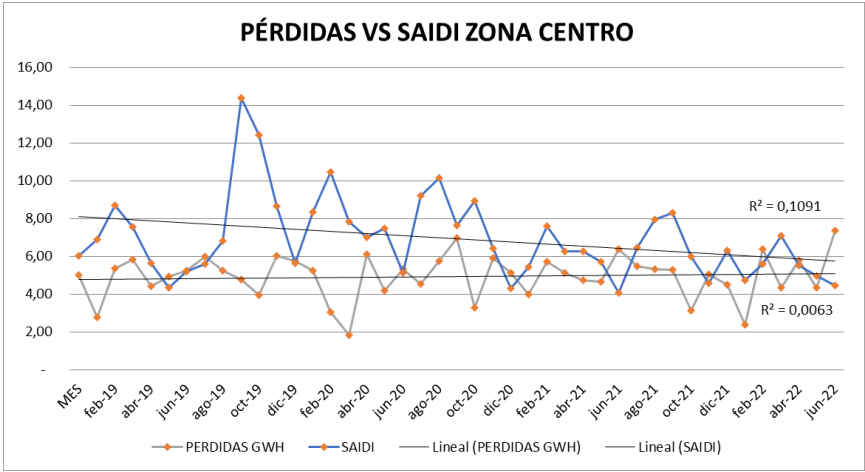
En lo que se refiere al indicador SAIDI (línea naranja) que hace referencia a la duración promedio de las fallas, se puede apreciar que en 2019 la duración de las fallas era superior, con un agravante y es que los transformadores de Ibagué tienen más clientes que los transformadores de distribución normales del departamento. Se comenzaron a hacer inversiones importantes en todos los niveles de tensión y la duración de las interrupciones ha mejorado notablemente y una de esas inversiones ha consistido en disminuir la cantidad

de clientes por unidad de transformación. En 2019 se tuvieron meses donde el promedio de duración alcanzó las 14 horas, para el primer semestre de 2022 se alcanzó el mejor tiempo ubicándose en 4,48 horas en promedio, similar al indicador de la zona oriente. El coeficiente de correlación de Pearson para el SAIDI tuvo un valor de 0,1091.

Finalmente, el SAIFI (línea azul) que hace referencia a la frecuencia de las fallas, es el indicador que mayor mejora ha presentado. Su coeficiente de correlación de Pearson fue 0,5808 y pasó de tener picos de frecuencia en 2019 de 1,3 veces a tener un comportamiento en segundo semestre de 2022 de 0,27 veces, lo que quiere decir que los clientes percibieron menos fallas al mes.

Se pudo identificar una relación interesante entre el comportamiento de las pérdidas en la zona centro y el indicador SAIDI como se aprecia en la figura 34.

Figura 34. Análisis de correlación IPT VS SAIDI zona centro



Fuente: Elaboración propia.

El coeficiente de correlación de Pearson para la variable SAIDI en comparación con el indicador de pérdidas puntuales fue de 0,1091 contra un 0,0063 lo cual se podría

interpretar con que la duración de las fallas en la zona centro del Tolima tuvo un grado de relación inverso con el indicador de pérdidas.

Esto se pudo comprobar en meses donde la duración de las fallas aumentó y las pérdidas disminuyeron.

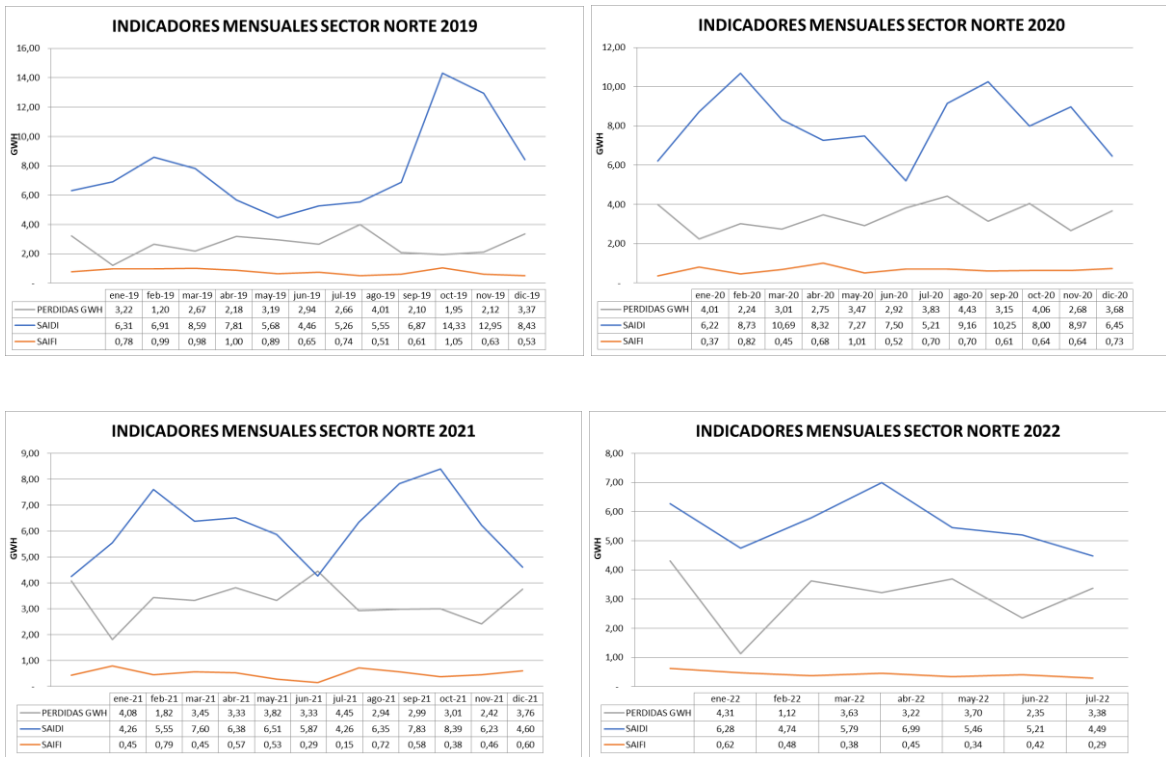
El clima en el centro del Tolima no es tan drástico como la zona oriente, es un poco más templado y por momentos frío por su cercanía a la montaña. Sin embargo, en épocas fuertes de invierno como por ejemplo los meses de mayo y noviembre de cada año se puede apreciar como el indicador de pérdidas baja, pero la duración de las fallas se deteriora. Por el contrario, en meses como febrero y diciembre donde las pérdidas aumentan, las fallas tienen a disminuir su duración.

Zona Norte:

La zona norte del departamento del Tolima está compuesta por 17 municipios incluida la capital Ibagué. En cuanto a su extensión es la segunda zona después del sur en kilómetros cuadrados y en cuanto a clima es la segunda después del oriente en temperatura promedio. Sus municipios más destacados se encuentran a la ribera del río Magdalena y es la conexión interdepartamental con el departamento de Caldas y algunos municipios de Cundinamarca. En cuanto al clima se refiere, por la cercanía al río, algunos municipios son de los más calurosos del país, y por la cercanía de otros con la cordillera y el Parque Nacional Natural de los Nevados, tiene temperaturas extremadamente bajas. Es una zona de extremos y la más álgida en asuntos políticos, donde la comunidad permanentemente manifiesta su inconformidad con la prestación del servicio de energía eléctrica en términos de prestación deficiente y altas pérdidas. Los municipios que componen la zona son: Ambalema, Anzoátegui, Casabianca, Falan, Fresno, Guaduas, Gayabal (Armero), Herveo, Honda, Lérida, Líbano, Mariquita, Murillo, Palocabildo, Santa Isabel, Venadillo y Villahermosa.

Año a año se ha querido mostrar el comportamiento de las variables de calidad, las cuales en primera medida muestran un comportamiento independiente como se puede apreciar en la figura 35.

Figura 35. Comportamiento de SAIDI, SAIIFI e IPT en el periodo de análisis. Zona norte



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de las pérdidas puntuales en GWh (línea gris) para la zona norte del Tolima desde enero de 2019 presentó una tendencia acumulada al alza y al calcular el coeficiente de correlación de Pearson se obtuvo un valor de 0,0577 lo anterior obedece a que los planes de reducción se focalizaron en la zona sur oriente.

En lo que se refiere al indicador SAIDI (línea naranja) que hace referencia a la duración promedio de las fallas, se puede apreciar que en 2019 la duración de las fallas alcanzó su pico más alto debido a la condición de los activos en la zona. Se comenzaron a hacer inversiones importantes en todos los niveles de tensión y la duración de las

interrupciones ha mejorado notablemente. En 2019 se tuvieron meses donde el promedio de duración alcanzó las 14 horas, para el primer semestre de 2022 se alcanzó el mejor tiempo ubicándose en 4,49 horas en promedio. El coeficiente de correlación de Pearson para el SAIDI tuvo un valor de 0,1169.

Finalmente, el SAIFI (línea azul) que hace referencia a la frecuencia de las fallas, es el indicador que mayor mejora ha presentado. Su coeficiente de correlación de Pearson fue de 0,4207 y pasó de tener picos de frecuencia en 2019 de 1,05 veces a tener un comportamiento en segundo semestre de 2022 de 0,29 veces.

7.2.3 Resultados del análisis calidad VS sostenibilidad económica del negocio:

Como se describió en secciones anteriores, la sostenibilidad económica se divide en 11 subgrupos para ser calificada dentro del Dow Jones Sustainability Index. Las consideraciones internas bajo las cuales se asignan los puntajes son desconocidas para los participantes.

En esta sección se hizo un análisis descriptivo de cada subgrupo de la sostenibilidad económica especialmente.

Gobierno corporativo:

El gobierno corporativo, la ética y la transparencia le permiten a la organización contar con un marco de conducta apropiado para mitigar riesgos y generar confianza y credibilidad en el relacionamiento con sus grupos de interés.

Por lo anterior, la organización no solo cumple con los estándares normativos en estas materias, sino que ha implementado medidas adicionales que orientan de manera permanente el comportamiento ético y transparente de sus colaboradores y directores, teniendo la integridad como principio inspirador, entendiendo esta palabra como hacer lo correcto, es decir, actuar de manera responsable, honesta, seria, transparente y de acuerdo con la ley y las políticas fijadas.

Por tanto, las empresas del Grupo Argos han sido siempre reconocidas por su estructura de gobierno corporativo. Los resultados de 2019 fueron sobresalientes y todas las actividades realizadas por la compañía durante el primer año de la pandemia por COVID 19, mostraron una mejora en todos los frentes para 2020. El año 2021 no fue el mejor de todos, la política de diversidad obtuvo un puntaje bajo en comparación a los años anteriores y la acción tuvo un duro golpe por su tendencia a la baja en la bolsa.

En términos de compensación para los empleados, se sostuvo como la variable mejor calificada y es coherente con el paquete de beneficios con que se cuenta en la empresa.

Tabla 6. Resultados gobierno corporativo. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P.2020	P.2021
Estructura de la junta directiva.	97,0	98,94	97,95
Presidencia o dirección principal.	97,0	98,94	97,95
Política de diversidad.	96,0	97,92	96,94
Diversidad de género.	98,0	99,96	98,96
Efectividad de la junta directiva.	98,0	99,96	98,96
Antigüedad promedio de los miembros de la junta directiva.	98,0	99,96	98,96
Experiencia específica en el sector de los miembros de junta.	98,0	99,96	98,96
Compensación ejecutiva y métricas de éxito.	96,0	97,92	96,94
Compensación ejecutiva alineada con el desempeño de largo plazo.	97,0	98,94	97,95
Responsables de la gestión.	98,0	99,96	98,96
Requisitos para los responsables de la gestión.	98,0	99,96	98,96
Responsables del gobierno.	97,0	98,94	97,95
Influencia de familias al interior de la junta directiva.	98,0	99,96	98,96
Acciones de doble clase.	96,0	97,92	96,94
Divulgación de la compensación media o media de todos los empleados y la compensación del director ejecutivo.	100,0	100,00	100,00
Gobierno de medios y agentes interesados.	98,0	99,96	98,96

Materialidad:

Al analizar la materialidad se identifican, priorizan, validan y gestionan los asuntos más relevantes al interior de la organización tales como: crecimiento económico, diversificación del negocio, experiencia del cliente, personal interno, gestión de recursos energéticos, conservación de los ecosistemas y contribución a la sociedad.

Tabla 7. Resultados materialidad. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P.2020	P.2021
Asuntos materiales.	96,0	97,92	99,88
Divulgación de materialidad.	96,0	97,92	99,88

En este subtema se pudo apreciar un avance consistente y mejor calificación para cada año de evaluación, siendo en 2021 el año donde mejor puntaje se obtuvo en términos de materialidad.

Cabe destacar que el proceso de análisis de materialidad en Celsia que se desarrolla con base en el GRI por sus siglas en inglés Global Reporting Initiative tiene en cuenta elementos como: investigación del entorno, diálogo con grupos de interés, priorización, validación, comunicación y retroalimentación de los hallazgos.

Gestión integral de riesgos y crisis:

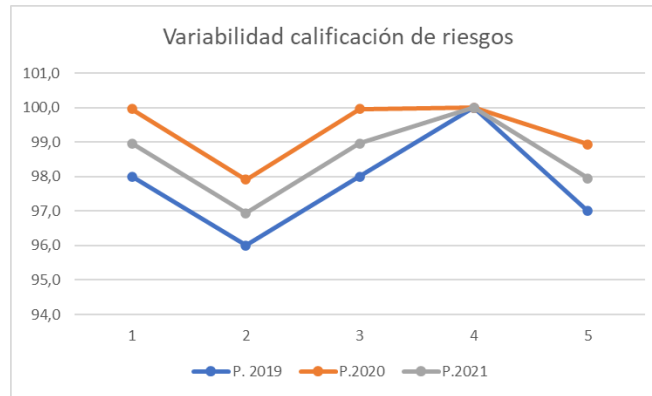
La permanente identificación, medición, tratamiento y monitoreo de los riesgos a los que la compañía está expuesta tienen como propósito evaluar de forma ágil y proactiva los impactos favorables y desfavorables que puedan afectar el logro de los objetivos estratégicos y el desempeño del negocio. La gestión integral de riesgos reduce la incertidumbre en la toma de decisiones, protege y crea valor para Celsia.

Tabla 8. Resultados gestión de riesgos y crisis. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Gobernanza del riesgo.	98,0	99,96	98,96
Análisis de sensibilidad y pruebas de estrés (incluyendo agua y clima).	96,0	97,92	96,94
Riesgos emergentes.	98,0	99,96	98,96
Cultura de riesgo.	100,0	100,00	100,00
Gestión de medios y agentes interesados.	97,0	98,94	97,95

Con el paso de los años esta variable ha tenido una fluctuación importante en el año 2020, donde se presentó la mayor madurez y presentó un leve deterioro en 2021 donde se identificaron oportunidades de mejora por debajo del 2% como se puede apreciar en la figura 36.

Figura 36. Variabilidad en la calificación de riesgos



Fuente: Elaboración propia.

Códigos de conducta empresarial:

Celsia se ha preocupado porque al interior de la organización, debido al manejo de recursos e interacción con contratistas y gobierno, se erradiquen prácticas que puedan poner en tela juicio la transparencia de los procesos.

Tabla 9. Resultados código de conducta. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P. 2020	P. 2021
Código de conducta.	100,0	100,00	100,00
Cobertura.	98,0	99,96	99,96
Corrupción y soborno.	96,0	97,92	98,02
Sistemas y procedimientos.	97,0	98,94	99,30
Prácticas anticompetitivas.	99,0	100,00	100,00
Casos de corrupción y sobornos.	97,0	98,94	99,10
Información sobre infracciones.	100,0	100,00	100,00
Ética comercial de medios v agentes interesados.	98,0	99,96	99,96

Fue por eso como en 2020 se inició un plan de divulgación masivo del Código de Conducta empresarial que dio como resultados los frutos de calificación en el DJSI que se pueden apreciar en la tabla anterior.

Todas las variables tuvieron evolución en los dos últimos años de análisis. Se consolidaron asuntos como prácticas de competencia desleal y la información sobre las

infracciones que consiste en poner a disposición los canales de comunicación y reporte adecuados para que las infracciones sean investigadas.

Gestión de la relación con el cliente:

El modelo de negocio de Celsia y su portafolio están enfocados en tener una cercanía especial con los clientes, hecho que permita asesorarlos y ofrecerles soluciones integrales y eficientes en términos energéticos, para que las empresas sean más productivas, las ciudades y desarrollos urbanísticos más sostenibles, y los hogares tengan mejor calidad de vida y bienestar.

Esta visión del cliente permite entender sus necesidades y alinearlas con las tendencias del mercado, con el fin de brindarles y ponerles a su alcance productos y servicios que están a la vanguardia. Celsia está comprometidos con esta promesa: brindarles una experiencia ágil, fácil, efectiva y memorable.

Celsia tuvo un reto muy grande al llegar al Tolima en este sentido, ya que durante más de 15 años el departamento contaba con otra empresa prestadora del servicio de energía.

Tabla 10. Resultados gestión de la relación con el cliente gobierno corporativo. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P.2020	P.2021
Medición de satisfacción.	97,0	98,94	97,95
Monitoreo de sustentabilidad corporativa.	96,0	97,92	96,94

Este es uno de los elementos más neurálgicos al interior de la compañía y como se puede observar, por más altos que hayan estado los puntajes, nunca han alcanzado cifras como en los demás segmentos y subtemas. Esto está completamente relacionado con la medición de satisfacción de los clientes, las cuales si bien es base para la toma de muchas decisiones a nivel interno, es una medición subjetiva ya que tiene de por medio la personalidad de los clientes, su cultura, situaciones aisladas que vinculan en los momentos de la atención, entre otros.

Influencia política:

Este subtema hace referencia a la vinculación de la empresa con fines políticos. Celsia se ha caracterizado por mantenerse al margen de campañas políticas y por el contrario respeta el libre albedrío de los colaboradores. Sin embargo, el asunto no ha sido así siempre si se tiene en cuenta que antes de ser Celsia, la empresa tenía participación del Estado Colombiano lo cual se ha prestado en muchas ocasiones para hacer proselitismo al interior de las empresas; de ahí, que los puntajes han mejorado con el paso de los años.

Tabla 11. Resultados influencia política. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P.2020	P.2021
Aportes y otros gastos a fines políticos.	96,0	97,92	96,94
Mayores aportes y gastos para fines políticos.	100,0	100,00	100,00
Gestión de medios y agentes interesados para fines políticos.	97,0	98,94	97,95

Gestión de cadena de suministro.

La gestión de proveedores es uno de los pilares corporativos en Celsia, tanto lo que se refiere a la optimización de las compras como la consecución de metas por medio del trabajo conjunto con las empresas aliadas. Adicionalmente, con el desarrollo de proveedores se garantiza la sostenibilidad mediante la mejora continua de competencias administrativas, comerciales, técnicas, ambientales, productivas y financieras.

Los aspectos más relevantes en los que se enfoca este subtema son: Eficiencia en los procesos de abastecimiento, deducción de los costos de adquisición, mitigación de los riesgos en la selección de proveedores, disminución de la dependencia, confiabilidad de los procesos de contratación. De acá los puntajes sobresalientes que se han obtenido en los diferentes años de evaluación.

Tabla 12. Resultados gestión de cadena de suministro. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P.2020	P.2021
Código de conducta del proveedor.	100,0	100,00	100,00
Sensibilización.	100,0	100,00	100,00
Exposición a riesgos.	96,0	97,92	98,90
Medidas de gestión de riesgo.	98,0	99,96	100,00
Integración del SCM (Supply Chain Management) con el ESG (Environmental, Social, Governance).	96,0	97,92	98,90
Informes de transparencia.	98,0	99,96	100,00
Gestión de medios y agentes interesados con la cadena de suministro.	96,0	97,92	98,90

Seguridad de la Información/Ciberseguridad y Disponibilidad del Sistema:

De acuerdo al GRI (Global Reporting Initiative), Celsia ha definido sus desafíos de corto, mediano y largo plazo en asuntos de ciberseguridad estableciendo la seguridad y confiabilidad informática como una de sus prioridades de operación.

Desde antes de 2019 y aún después de la pandemia por COVID 2019, la ciberseguridad ha ido en crecimiento de cobertura y alcance.

Tabla 13. Resultados seguridad de la información. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P.2020	P.2021
Gobernanza de seguridad de la información/ciberseguridad.	96,0	97,92	97,92
Medidas de seguridad.	98,0	99,96	100,00
Proceso e Infraestructura.	99,0	100,00	100,00
Violaciones de seguridad de la información/ciberseguridad.	97,0	98,94	99,10
Incidentes de infraestructura de TI (tecnologías de la información).	97,0	98,94	99,04
Incidentes de TI y ciberseguridad con medios o agentes interesados.	99,0	100,00	100,00

Gestión de la innovación

La gestión de la innovación ha sido uno de los elementos clave en el éxito de Celsia y producto de ello son los resultados obtenidos en esta categoría para el DJSI. La Compañía mediante diferentes mecanismos, ha encontrado maneras eficientes de costear su innovación como por ejemplo convenios con Colciencias y con la industria. De esta manera, nuevos productos y servicios son lanzados al mercado en tiempo récord empleando la mentalidad de start up.

Tabla 14. Resultados gestión de la innovación. Fuente: Elaboración propia a partir de la revisión bibliográfica

SUBTEMA	P. 2019	P.2020	P.2021
Gasto en I+D.	100,0	100,00	100,00
Innovación abierta.	100,0	100,00	100,00

7.3 OBJETIVO ESPECÍFICO 3: ANALIZAR EL VALOR AGREGADO A LA SOCIEDAD VAS PRODUCTO DE LAS MEJORAS EN CALIDAD DEL SERVICIO (OPTIMIZACIÓN EN LA PRESTACIÓN Y REDUCCIÓN DE PÉRDIDAS).

El VAS (Valor Agregado a la Sociedad) es una metodología empleada por Grupo Argos y sus filiales para determinar el valor que las empresas agregan o destruyen a la sociedad desde sus diferentes enfoques de negocio. Grupo Argos como holding calcula un VAS global y se complementa con el VAS individual de cada una de las empresas del grupo (Celsia, Summa, Odinsa y Cementos Argos) quienes definen sus particularidades según el enfoque corporativo.

Para el cálculo del VAS en Celsia, la empresa de energía del grupo, se toma como referencia teórica la metodología “*True Value*” de KPMG la cual consiste en la ejecución de los siguientes pasos:

- a. Identificar el valor que el negocio crea y reduce para la sociedad en general por medio de sus externalidades y llevarlo a términos financieros.
- b. Evaluar como la internalización de externalidades puede afectar la rentabilidad del negocio y las ganancias futuras de la Compañía.
- c. Desarrollar estrategias que protejan el valor futuro del negocio y la sostenibilidad del mismo en el tiempo, hecho que permita aumentar el valor agregado a la sociedad.

La presentación de resultados para el objetivo específico tres inicia con la exposición de lo encontrado cuando se buscó calcular el VAS de un proyecto particular de

la empresa; seguidamente, se muestran los resultados generales del VAS de Celsia 2021 y se finaliza con la propuesta de trabajos futuros que pueden aportar a la Compañía en este sentido.

7.1.1 Valor agregado a la sociedad de un proyecto particular en Celsia:

El ejercicio investigativo buscó acotar el alcance de la evaluación del VAS de la metodología original y poder obtener el valor que un proyecto puntual, ejecutado en el departamento del Tolima, crea o destruye para la sociedad y se seleccionó el proyecto de reducción de pérdidas de energía eléctrica teniendo en cuenta el impacto que tiene sobre los clientes y la Compañía.

Esta iniciativa adquiere relevancia cuando se consideran los siguientes beneficios:

- Toma de decisiones del área de Control de Energía mejor informadas y más responsables, si se tiene en cuenta el impacto directo del proyecto sobre los clientes y sobre la sostenibilidad del negocio en sus dimensiones social, económica y ambiental.
- Comprender cómo los impactos del proyecto pueden significar riesgos financieros futuros para Celsia, si se tiene en cuenta que es donde se asegura la facturación y medición adecuada de todos los clientes.
- Reafirmar y reforzar la relación comercial con los grupos de interés, ya que es un asunto sensible para los hogares, comercios e industria y poder rendir cuentas de forma transparente a la sociedad sobre el impacto y el valor que agrega o destruye el proyecto.

Para adaptar la metodología True Value a la evaluación de un proyecto particular, el proceso se dividió en tres fases:

- I. Definición del alcance del proyecto e identificación de los factores económicos, sociales y ambientales con los que se pueda tener relación durante su ejecución.

II. Adaptación del modelo original de KPMG para la valoración y monetización de los factores identificados para el proyecto.

III. Análisis de la información.

Fase I:

Inicialmente se construyó un Canvas de la integralidad del negocio con el objetivo de identificar los factores económicos, sociales y ambientales con los cuales se pudiera basar el análisis. Se puede apreciar en la figura 37.

Figura 37. CANVAS integralidad del negocio Celsia



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que el proyecto de reducción de pérdidas inevitablemente debe estar enmarcado en la integralidad del negocio, no se podría analizar como un proyecto en isla; por el contrario, se debe evaluar vinculado a las características de Celsia en el mercado del Tolima. En este sentido, y desprendidos del ejercicio del Canvas, se pudieron identificar 9 indicadores económicos, sociales y ambientales del proyecto los cuales alimentarían el análisis y se resumen en la tabla 16:

Tabla 15. Indicadores del proyecto.

Ind. Económicos	Ind. Sociales	Ind. Ambientales
Salarios de los colaboradores y generación de empleo en el departamento.	Seguridad y salud de los colaboradores directos y las comunidades.	Emisiones de gases de efecto invernadero directos e indirectos.
Impuestos que paga la empresa en la región.	Desarrollo de talento al interior de la empresa y que se entrega a la sociedad.	Impactos en la biodiversidad de las regiones.
Intereses a instituciones financieras y dividendos a los inversionistas, lo cual dinamiza la economía.	Inversión comunitaria en las regiones.	
Obras por impuestos.		

Fase II y III

Al momento de adaptar el modelo original de KPMG a la intención de evaluar un solo proyecto en particular se encontraron las siguientes limitantes:

- Las variables originales no tienen similitud con las variables del proyecto.
- El modelo original es muy rígido y no admite variaciones de fondo con cambios leves.

- Modificar las variables originales desvían el foco del análisis y los resultados no se pueden considerar verídicos.

7.1.2 Valor agregado a la Sociedad de Celsia 2021

Siguiendo las mismas fases descritas párrafos atrás, Celsia como la empresa de energía de Grupo Argos calcula su propio VAS. Este ejercicio se lleva a cabo cada año valorando las externalidades económicamente y el resultado es poder entender como la empresa le suma o resta a la sociedad.

Fase I:

Para el cumplimiento de la primera fase del modelo, Celsia definió una serie de indicadores que permiten medir diferentes variables agrupadas en categorías alineadas con las tres dimensiones de la sostenibilidad. Las variables son las que se listan a continuación:

❖ Dimensión Económica.

- Ventas netas.
- Ebitda.
- Impuestos.
 - Impuesto a la renta y ganancia ocasional en Colombia.
 - Impuesto a la renta y ganancia ocasional en Panamá.
 - Impuesto a la renta y ganancia ocasional en Costa Rica.
 - Impuesto a la riqueza en Colombia.
 - Impuesto a la riqueza en Panamá.
 - Impuesto a la riqueza en Costa Rica.
 - Impuesto de Industria y Comercio en Colombia.
 - Impuesto de Industria y Comercio en Panamá.
 - Impuesto de Industria y Comercio en Costa Rica.
 - Impuesto predial en Colombia.
 - Impuesto predial en Panamá.

- Impuesto predial en Costa Rica.
- Otros impuestos pagados en Colombia.
- Otros impuestos pagados en Panamá.
- Otros impuestos pagados en Costa Rica.
- Otros impuestos pagados en Honduras.
- Intereses y dividendos.
- Salarios y beneficios.
- ❖ Dimensión Social.
 - Seguridad y Salud en el trabajo.
 - Número de fatalidades.
 - Número de incidentes con pérdida de tiempo o ausencias breves.
 - Número de incidentes con pérdida de tiempo o ausencias prolongadas.
 - Número de enfermedades derivadas del trabajo.
 - Desarrollo de talento.
 - Número de empleados que abandonan la empresa (hombres).
 - Número de empleados que abandonan la empresa (mujeres).
 - Promedio salarial entre hombres y mujeres.
 - Edad promedio de jubilación en la región (hombres).
 - Edad promedio de jubilación en la región (mujeres).
 - Edad media de salida para hombres.
 - Edad media de salida para mujeres.
 - Horas totales de entrenamiento para hombres.
 - Horas totales de entrenamiento para mujeres.
 - Número total de empleados hombres.
 - Número total de empleados mujeres.
 - Infraestructura e inversión comunitaria.
 - Infraestructura e inversión educativa.

❖ Dimensión Ambiental.

➤ Emisiones.

- Emisiones de gases de efecto invernadero Alcance 1.
- Emisiones de gases de efecto invernadero Alcance 2.
- Emisiones de materia particulada.
- Emisiones de óxido de azufre.
- Emisiones de óxido de nitrógeno.
- Emisiones de mercurio.

➤ Consumos.

- Agua total consumida.
- Zonas con extrema escasez de agua.
- Zonas de escasez.
- Zonas de estrés hídrico.
- Reservas de agua suficientes.
- Zonas abundantes en agua.

➤ Hectáreas rehabilitadas + hectáreas compensadas.

- Bosques tropicales.
- Otros bosques.
- Bosques y matorrales.
- Pastizales.
- Humedales interiores.
- Lagos y ríos.
- Arrecifes de coral.
- Costas.
- Manglares.

➤ Hectáreas afectadas + perturbadas.

- Bosques tropicales.
- Otros bosques.
- Bosques y matorrales.

- Pastizales.
- Humedales interiores.
- Lagos y ríos.
- Arrecifes de coral.
- Costas.
- Manglares.
- Inversión social.
 - Educación de calidad.
 - Patrocinios.

Fase II:

En la fase dos del modelo, se agregaron las variables anteriormente descritas en el modelo de KPMG el cuál básicamente obedeció al siguiente principio:

$$VAS = BR + IP - IN$$

Donde:

VAS = Valor Agregado a la Sociedad

BR = Beneficio Retenido

IP = Impactos Positivos

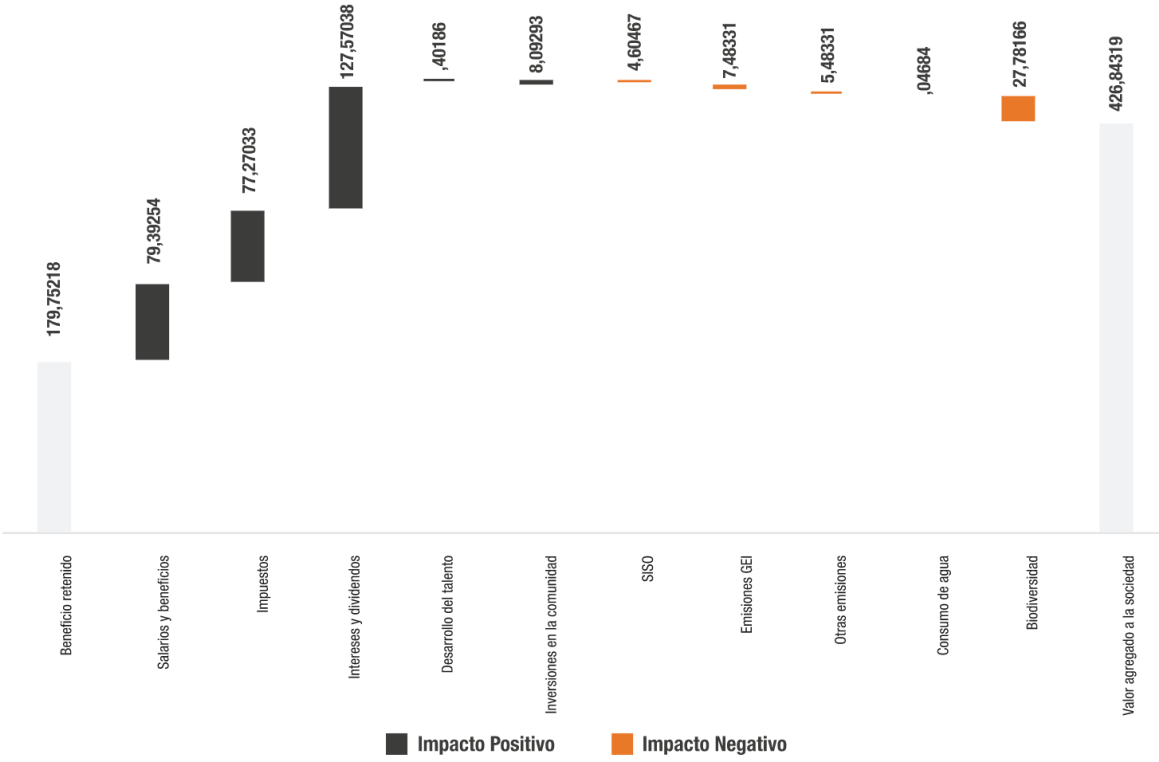
IN = Impactos Negativos

Fase III:

Finalmente, en la última etapa se analizaron los resultados que para este caso corresponden al VAS de Celsia para 2021.

Los resultados generales se presentan mediante la siguiente gráfica puente (figura 38), donde la primera columna muestra el valor que Celsia retuvo para sí misma, es decir, el beneficio retenido de la fórmula de la fase dos. Las columnas que siguen (es decir el puente) representan los beneficios en forma de impactos positivos y los costos en forma de impactos negativos que se le generan a la sociedad y ellos se suman o restan del beneficio retenido. Finalmente, la última columna es el valor agregado a la sociedad.

Figura 38. VAS Celsia 2021.



Fuente: Celsia, 2021.

Para la interpretación del esquema es importante tener en cuenta que, cuando un impacto positivo aumenta quiere decir que hay un mayor beneficio para la sociedad. Mientras que cuando un impacto negativo disminuye quiere decir que la afectación o perjuicio está siendo menor.

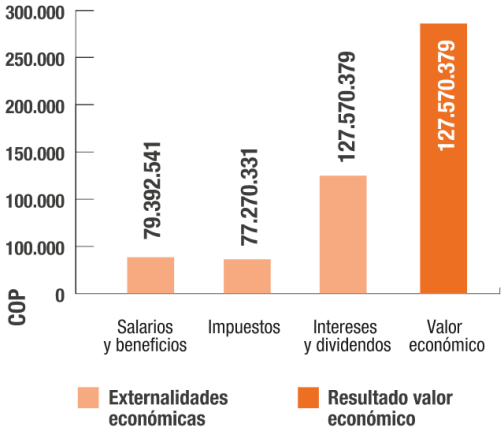
La primera conclusión que se puede sacar del gráfico puente es que el valor agregado a la sociedad por parte de Celsia en el año 2021 fue 2,37 veces el beneficio retenido, es decir que, según el modelo, Celsia entrega más valor del que retiene de la sociedad.

A continuación, profundizaremos en los resultados del VAS por cada una de las dimensiones evaluadas mediante los indicadores descritos en la fase uno.

Resultados dimensión económica:

Como se pudo apreciar en el desarrollo de la fase uno, la dimensión económica busca monetizar todas las externalidades que se consideran relevantes desde el punto de vista económico y en primer lugar se presenta el valor económico resultante del ejercicio 2021 en la figura 39.

Figura 39. Valor económico Celsia 2021.



Fuente: Celsia, 2021.

A manera de comparativo, en 2021 se pagaron menos intereses y se repartieron menos dividendos a los accionistas que en 2020 cuando la suma ascendió a USD 162.7 millones; de igual manera, se pagaron más impuestos que en 2020 en una proporción

cercana a los USD 7 millones. Finalmente, por concepto de salarios y beneficios hubo más salida de efectivo en casi USD 5.5 millones. A continuación, se amplían estas definiciones:

- Se pudo identificar como se dinamiza la economía a partir del impacto positivo generado por una buena remuneración a los colaboradores y fue por ellos que, frente a 2020, hubo un aumento en los salarios de la Compañía; esto debido a que, se generaron nuevos puestos de trabajo y el aumento salarial fue superior a la inflación.
- En cuanto a pago de intereses y dividendos se refiere, este elemento tiene dos componentes:
 - Pago de deuda (instituciones financieras).
 - Pago de dividendos (accionistas e inversionistas).

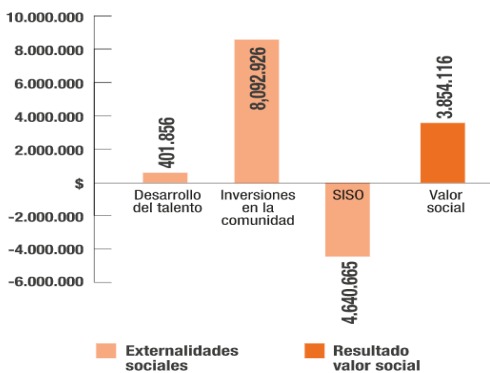
Debido a que 2021 fue un año de reactivación post pandemia, hubo menos reparto de dividendos y pago de intereses, buscando la solidez financiera y estabilidad económica demostrando así que Celsia ha implementado una estrategia que ha fortalecido la capacidad de crear valor y entregar resultados consistentes.

- 8 En todos los países donde Celsia opera ha tenido la reputación más alta en el pago de impuestos contribuyendo de esta manera a la dinamización de la economía de cada latitud. En 2021 el impacto percibido por la sociedad por el pago de impuestos alcanzó los USD 77.2 millones, aumentando en casi 9,2% lo pagado en 2020. Cabe mencionar que el mecanismo tributario de obras por impuestos ha permitido que Celsia disminuya el pago al Estado para que esos dineros sean invertidos directamente en las comunidades donde tiene influencia y que a su vez son golpeados por la violencia y la pobreza. Con esta estrategia se busca impactar y beneficiar realmente a las comunidades aledañas a las operaciones de la Compañía.

Resultados dimensión social:

En cuanto a la dimensión social se refiere, las externalidades evaluadas están enfocadas en tres frentes principales: desarrollo del talento, seguridad y salud en el trabajo y la inversión en las comunidades. En las tres líneas, el valor en el año 2021 fue superior a lo hecho en 2020. A continuación, una visión general de los montos en la figura 40.

Figura 40. Valor Social Celsia 2021.



Fuente: Celsia, 2021.

En cada frente el crecimiento respecto a 2020 fue notable:

- 9 El desarrollo del talento y el mejoramiento del capital humano son para Celsia una prioridad ya que ve en estas inversiones un valor agregado directo a las operaciones y también a la competitividad de sus colaboradores. En 2021 esta externalidad creció en un 202% en comparación a 2020 llegando a USD 401 mil. Esta estrategia de crecimiento se enfocó en la promoción de programas de desarrollo de capacidades organizacionales, herramientas de productividad, análisis de datos, simplificación de procesos, algoritmos, competencias blandas y del ser.
- 10 La inversión en las comunidades va directamente relacionada con el desarrollo de los habitantes de las zonas aledañas a los proyectos de la Compañía, esto complementado con un buen relacionamiento. Esta externalidad mide el impacto de proyectos de infraestructura comunitaria, fomento a la educación y donaciones. El valor generado a

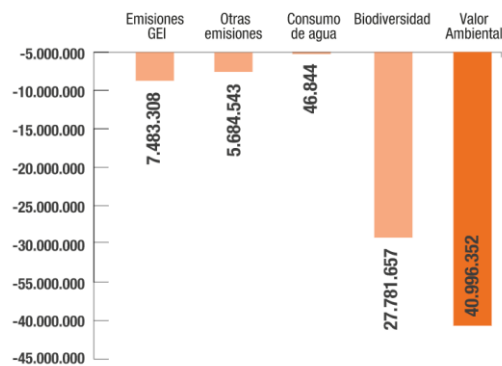
la sociedad por estos conceptos ascendió a USD 8 millones en 2021 lo que representa un crecimiento del 208% en comparación a 2020.

- 11 Con la externalidad de seguridad y salud en el trabajo, se mide el impacto que tiene en la sociedad los accidentes y/o incidentes laborales de cualquier naturaleza, no solo de personal directo sino también de personal contratista. En este caso el aumento en comparación al año 2020 es un indicativo que aún hay mucho que trabajar para lograr operaciones más seguras. Durante 2021, lamentablemente seis trabajadores de empresas contratistas perdieron la vida causando un incremento del 545% del dinero gastado en 2020 por este concepto. La cifra ascendió a USD 4,6 millones.

Resultados dimensión ambiental:

Las externalidades tenidas en cuenta para calcular el valor agregado a la sociedad de la Compañía, son de las más importantes en esta medición si se tienen en cuenta las intenciones de Celsia de cada vez ser una empresa baja en emisiones y llegar a la carbono neutralidad. La figura 41 expone los resultados por grupo y se ampliarán a continuación:

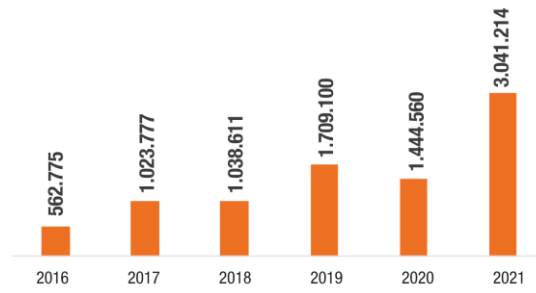
Figura 41. Valor ambiental Celsia 2021.



Fuente: Celsia, 2021.

- En primer lugar, se monetizaron las emisiones de Gases de Efecto Invernadero GEI de ambos alcances y para 2021 se obtuvo una notable reducción del 40% en comparación a 2020 alcanzando un costo total de USD 7,4 millones. Esto en términos de toneladas emitidas significa una reducción de 395.335 TonCO₂eq a 231.335 TonCO₂eq. La razón fundamental de esta reducción fue la disminución en la generación térmica a base de carbón y el aumento de generación hídrica.
- También se ha monetizado la emisión de otro tipo de gases que afectan la calidad del aire y para 2021 el costo por estas emisiones aumentó en un 296% contra 2020 significando un costo de USD 5,6 millones. Debido a que estas emisiones están asociadas a la generación con diésel, el crecimiento obedeció fundamentalmente al contrato de generación de una térmica a base de este combustible la cuál no operó en 2020.
- En cuanto a consumo de agua se refiere, en Celsia se entiende como el uso eficiente del recurso en las operaciones de generación térmica y el consumo doméstico en las sedes administrativas ya que la generación hídrica no se tiene en cuenta por considerarse un uso no constitutivo del agua. Los costos generados a la sociedad en 2021 ascendieron a USD 46,8 millones lo cual significó una reducción por este concepto frente a 2020 en un 39%.
- Finalmente, la monetización de los impactos sobre la naturaleza, o como es llamado en la medición, sobre la biodiversidad tuvo como resultado un menor valor que en 2020 en un 11,2% equivalente a USD 27,7 millones. Básicamente no se obtuvo el valor ambiental deseado debido a la entrada en operación de obras significativamente grandes que tuvieron más impacto que la cantidad de árboles sembrados y las hectáreas de pastizales rehabilitadas. No se puede dejar de mencionar que Celsia es una de las empresas que más árboles siembra en Colombia bajo su programa VerdeC. En 2021 se sembraron más de 3 millones de individuos, 1,5 millones más que en 2020. En la figura 42 se puede verificar el incremento en el éxito de este programa.

Figura 42. Árboles sembrados por Celsia. Fuente: Celsia.



Fuente: Celsia, 2021.

8 DISCUSIÓN

En la primera y tercera parte del desarrollo del objetivo específico 2, se quiso dar profundidad a la definición de sostenibilidad en Celsia la cual es una definición adaptada al negocio y a los indicadores de evaluación como el DJSI que se tomó como guía para el análisis de resultados. Mostrando cada dimensión con sus componentes, se dio claridad sobre las variantes que sufre el concepto al interior de la organización en comparación a los elementos tratados en la revisión bibliográfica destacando lo concluido por Muller & Rego, (2021) quienes en su estudio a las empresas del sector eléctrico en Brasil encontraron que la definición de sostenibilidad no es igual para todas y el impacto de los indicadores de calidad tiene una influencia determinante en su rentabilidad.

Se pudo mostrar que analizar únicamente la dimensión económica de la sostenibilidad no resulta del todo útil si se desconoce la influencia de las dimensiones social y ambiental; lo cual ya había sido anticipado por Machen et al., (2021) en su estudio a nivel del mercado ganadero y para destacar se menciona lo siguiente:

- La definición de sostenibilidad en Celsia no se concibe como tres agentes que se mueven independientemente. Son tres elementos que poseen externalidades que se conjugan en un solo concepto.
- El tipo de obras y proyectos que lleva a cabo Celsia, tienen influencia en las tres dimensiones y por ello se entiende la sostenibilidad como un todo.

Posteriormente, se buscaron grados de correlación entre las variables de calidad y la sostenibilidad y desde los datos se podría concluir que no se aprecia correlación. Sin embargo, se pueden discutir algunos elementos interesantes evidenciados y que se alinean a lo mencionado por Soroush et al., (2021) en su análisis a empresas del sector eléctrico en Italia donde señala elementos de la sostenibilidad relacionados con la rentabilidad de los negocios:

- Un gobierno corporativo sólido, permite que la Compañía pueda tener grandes niveles de inversión los cuales tienden a mejorar la prestación del servicio en términos de infraestructura nueva y/o remodelada así como proyectos en pro de reducir las pérdidas de energía.
- Cuando desde la compañía se tiene un código de conducta empresarial robusto y de gran cobertura, se pudo mitigar el aumento de pérdidas administrativas y la propagación del fraude en el ciclo comercial.
- Se ha podido evidenciar, que una gestión adecuada de la relación con los clientes en la cual se fortalezcan los canales de comunicación y se reduzcan los tiempos de atención a sus peticiones, quejas y reclamos, disminuye significativamente el hurto de energía.

Por otro lado, en la segunda parte del desarrollo del objetivo específico 2 se buscaron posibles correlaciones entre los indicadores de calidad, es decir, la prestación vs las pérdidas. El análisis se llevó a nivel de cada zona del departamento del Tolima.

- Para las zonas sur y norte, el SAIDI, SAIFI e IPT mostraron comportamientos independientes.
- Para las zonas oriente y centro, si bien las correlaciones de Pearson encontrados fueron muy bajas, existe una posible relación entre el SAIDI y el IPT.

Si bien desde los datos no se lograron identificar correlaciones significativas, existen variables desde la experiencia y del trabajo de campo que se evidenciaron y estuvieron alineados con varios de los textos incluidos en la revisión bibliográfica, por ejemplo lo planteado en (Kennedy et al., 2019) donde se podría afirmar que sí existe un grado de relación entre las variables de prestación y de pérdidas trayendo a la realidad de Colombia el experimento que los autores realizaron en la India rural. Algunos elementos coincidentes fueron:

- En lugares donde se presentan muchas interrupciones del servicio, las comunidades buscan intervenir las redes por sí mismas generando fraudes e implicando aumento de pérdidas.
- En lugares donde la duración de las fallas es muy prolongada, las comunidades buscan reconectarse por sí mismas aumentando la posibilidad de generar pérdidas y fallas posteriores en las redes; sin dejar de mencionar, el riesgo de accidentes eléctricos.
- En lugares donde la temperatura promedio sobrepasa los 22,5°C existen mayores pérdidas y mayores fallas en la prestación.
- Situaciones sociales como los asentamientos humanos de situación inconclusa conocidos como invasiones, afectan la calidad en toda su expresión, ya que se conectan ilegalmente a sectores normalizados generando deterioro de la continuidad del servicio y aumentando las pérdidas.
- En lugares donde hay buenos indicadores de duración y frecuencia y las comunidades tienden por el hurto de energía, la prestación se deteriora con el tiempo.

Esta identificación ha permitido que al interior del proceso de reducción de pérdidas en la Compañía, se tomen medidas enfocadas a las necesidades de cada zona y no una metodología estándar.

Si bien es cierto que en este estudio se profundizó en la correlación con la dimensión económica, no se pueden dejar de mencionar algunos impactos identificados desde las dimensiones ambiental y social siguiendo la ruta definida en (Sartori et al., 2017) en la evaluación de la industria eléctrica de Brasil en términos de su desempeño sostenible.

- Las mejoras en la prestación del servicio contribuyen a un menor impacto en las regiones aportando a su biodiversidad.

- El control de las pérdidas contribuye a que la Compañía no tenga la necesidad de realizar mayores compras de energía, lo cual está directamente asociado con menor generación y por ende menos emisiones de GEI.
- En términos generales, una buena calidad del servicio y de la energía contribuyen a la calidad de vida de los habitantes del departamento, a una mejor calidad del agua, a un mayor desarrollo de las regiones, a la conectividad, competitividad y a la seguridad.

Finalmente, en lo que se refiere al desarrollo del objetivo específico 3 se pudo analizar la metodología de Valor Agregado a la Sociedad y se ha abierto una puerta para que próximos estudios puedan profundizar en esta u otra forma de poder monetizar las externalidades positivas y negativas que afectan a la sociedad y las comunidades en donde la compañía tiene influencia y seguir mejorando las cifras que se presentan ante las evaluadoras internacionales con el objetivo de aumentar la calificación en los informes de sostenibilidad como se sugiere en (Correa-Garcia et al., 2020).

9 CONCLUSIONES

Este trabajo pudo mostrar que no se puede determinar desde los datos analizados una relación entre las variables de calidad entre ellas mismas y a su vez con la sostenibilidad económica del negocio. Sin embargo, desde el trabajo de campo se pudieron encontrar factores que sugieren que pueden existir relaciones entre las variables analizadas y otras no exploradas en este trabajo, concluyendo que la data tiene un grado de generalidad muy elevado limitando los análisis específicos.

Por otro lado, desde la caracterización de las variables de calidad se ha podido evidenciar la evolución en los indicadores de prestación del servicio en todo el departamento del Tolima, la reducción de pérdidas en la zona sur-oriente y el leve incremento de las mismas en la zona norte, especialmente en el sector centro, denotando el efecto que tienen los planes de inversión.

De igual manera, se ha podido identificar como la deficiencia en los indicadores de calidad impacta la sostenibilidad no solamente económica sino las dimensiones social y ambiental, concluyendo que para Celsia no es de mucha relevancia evaluar una sola dimensión de la sostenibilidad sin considerar las otras dos.

Referente a la metodología de Valor Agregado a la Sociedad VAS se concluyó que resulta ser muy rígida y no permite ajustar las variables fácilmente lo cual impidió adaptar el modelo original a la pretensión de analizar el VAS de un proyecto particular, abriendo la puerta para que a nivel interno se construya una metodología propia para determinar el VAS de cualquier proyecto.

Finalmente, vale la pena resaltar la contribución que los hallazgos obtenidos en esta investigación han tenido en la organización:

- Apoyo a la alta gerencia en toma de decisiones sobre proyectos de inversión.
- Identificación de riesgos futuros por su posible impacto en componentes de la sostenibilidad.

- Fortalecimiento de las relaciones con stakeholders al interior de la Compañía de acuerdo a su grado de participación y los tipos de proyectos.
- Interés por ampliar los temas investigados y continuar con trabajos futuros relacionados.

10 RECOMENDACIONES

Partiendo de las limitaciones encontradas en el desarrollo del trabajo surgen una serie de recomendaciones que abren la puerta a trabajos futuros que permitan satisfacer las necesidades de la Compañía. Entre las limitaciones encontradas se destacan:

- La metodología de KPMG para el cálculo del Valor Agregado a la Sociedad es rígida y no permite ajustar las variables fácilmente.
- Las externalidades bajo las cuales está parametrizado el modelo de KPMG, limitan la evaluación a la empresa en general y no permiten hacer una evaluación particular de un proyecto como se buscó en este trabajo.

De esta manera la sugerencia para trabajos futuros se hace en dos vías:

- En primer lugar, es importante para Celsia tener un modelo propio para medir el Valor Agregado a la Sociedad, que si bien puede estar basado en el de KPMG debe garantizar que se puede ajustar según el enfoque de la empresa y no sufrir por su rigidez en resultados cuadrículados que no sean de fácil adaptación a la realidad de las operaciones.
- Construir una metodología que permita calcular el Valor Agregado a la Sociedad de cualquier proyecto. Esto permitirá que de la Compañía pueda identificar lo que suma o resta a las comunidades directamente impactadas por los proyectos y obras. También permitirá de forma un poco más general monetizar estos impactos en las regiones e identificar brechas para proponer mejoras en acciones futuras.

11 REFERENCIAS

- AceroGeiber, H. (2013). x. In *Tesis de grado*.
<http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/232>
- Alejandra, J., & Salinas, F. (2018). *Análisis de índices (SAIDI, SAIFI) de confiabilidad en la zona sur de Bogotá y su desempeño en los últimos 2 años*.
- Anteneh, D., Khan, B., Mahela, O. P., Alhelou, H. H., & Guerrero, J. M. (2021). Distribution network reliability enhancement and power loss reduction by optimal network reconfiguration. *Computers and Electrical Engineering*, 96(PA), 107518.
<https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107518>
- Argos, G. (2019). *La sostenibilidad como marco estratégico de Grupo Argos*.
- Asencio, W. (2020). *Estudio sectorizado del alimentador 1303 para el control y reducción de las pérdidas de energía - Talara*.
https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/50737/Cusma_GM-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Avendaño, K., & Pulido, Á. (2014). *El hurto de energía eléctrica y cambios regulatorios en zonas de Cundinamarca: Una mirada desde la economía del crimen*.
- Barrezueta, S., & Paz, A. (2017). Indicadores de sostenibilidad para la producción de cacao Nacional y CCN51 en la provincia El Oro-Ecuador. *Educateconciencia*, 14, 1–14.
- Betancourt, R. C. (2017). Interconexión Eléctrica Ecuador - Colombia. *Journal of Comisión Energética Regional*, 53(9), 1689–1699.
- Bretas, A. S., Rossoni, A., Trevizan, R. D., & Bretas, N. G. (2020). Distribution networks nontechnical power loss estimation: A hybrid data-driven physics model-based framework. *Electric Power Systems Research*, 186(January), 106397.
<https://doi.org/10.1016/j.epsr.2020.106397>

- Celsia. (2021). *CELSIA sostenibilidad*. Política de Sostenibilidad.
- Celsia, C. (2019). Nuestra buena energía genera valor agregado a la sociedad. *Publicación Interna*.
- Comisión de regulación de Energía y Gas. (2002). Resolución CREG 082 de 2002. In *Resolución CREG-082* (p. 135).
- Comisión de Regulación de Energía y Gas CREG, Ministerio de Minas y Energía, & Republica de Colombia. (2018). Resolución CREG No. 015 de 2018. In *Resolución 015 de 2018* (p. 239).
<http://apolo.creg.gov.co/Publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac?OpenDocument>
- Congreso de Colombia. (1994a). *Ley 142 de 1994*. 1994(Julio 11), 1–58.
- Congreso de Colombia. (1994b). *Ley 143 de 1994*. 41.
- Córdoba, M. (2000). La defraudación de fluidos en la legislación colombiana. *Derecho Penal y Crimonología*, 22, 103–116.
- Correa-Garcia, J. A., Garcia-Benau, M. A., & Garcia-Meca, E. (2020). Corporate governance and its implications for sustainability reporting quality in Latin American business groups. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121142.
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121142>
- Corte constitucional, & Consejo Superior de la Judicatura. (2016). *Constitución Política de Colombia 1991. Actualizada con los Actos Legislativos a 2016*. 1–170.
<http://www.corteconstitucional.gov.co/inicio/Constitucion politica de Colombia.pdf>
- Costa-Campi, M. T., Arderius, D. D., & Trujillo-Baute, E. (2016). The Economic Impact of Electricity Losses. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2744711>

- de Oliveira Ventura, L., Melo, J. D., Padilha-Feltrin, A., Fernández-Gutiérrez, J. P., Sánchez Zuleta, C. C., & Piedrahita Escobar, C. C. (2020). A new way for comparing solutions to non-technical electricity losses in South America. *Utilities Policy*, 67(October 2019). <https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101113>
- Deng, N. Q., Liu, L. Q., & Deng, Y. Z. (2018). Estimating the effects of restructuring on the technical and service-quality efficiency of electricity companies in China. *Utilities Policy*, 50(June 2016), 91–100. <https://doi.org/10.1016/j.jup.2017.11.002>
- Farshchian, G., Darestani, S. A., & Hamidi, N. (2020). Developing a decision-making dashboard for power losses attributes of Iran's electricity distribution network. *Energy*, 216, 119248. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2020.119248>
- Fundacion Entorno, & Argos, G. (2019). *Estado de Valor Agregado a la Sociedad* (p. 50).
- Galán, J. E., & Pollitt, M. G. (2014). Inefficiency persistence and heterogeneity in Colombian electricity utilities. *Energy Economics*, 46, 31–44. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.08.024>
- Garzón, M. A., & Ibarra, A. (2014). Revisión Sobre la Sostenibilidad Empresarial. *Revista de Estudios Avanzados de Liderazgo*, 1(3), 52–77. <https://www.regent.edu/acad/global/publications/real/vol1no3/4-castrillon.pdf>
- Gómez, V. G. A., & Suárez, S. M. F. (2017). Improvement Strategies for Quality Service Indexes in ENEL Colombia-The planning. *Simposio Internacional Sobre La Calidad de La Energía Eléctrica-SICEL*, 9, 1–6.
- González Ruiz, M. (2013). La revolución de la electricidad. *Www.Agendaempresa.Com*. <http://www.agendaempresa.com/25254/la-revolucion-de-la-electricidad/>
- Grupo Argos. (2020). *Grupo Argos, Cementos Argos y Celsia reconocidas nuevamente por el Índice del Dow Jones entre las empresas más sostenibles del mundo*. Noticias.

<https://www.grupoargos.com/es-co/media/noticias/grupo-argos-cementos-argos-y-celsia-reconocidas-nuevamente-por-el-índice-del-dow-jones-entre-las-empresas-más-sostenibles-del-mundo>

Gutierrez, A. (2021). Cinco empresas colombianas fueron reconocidas por el Índice Global Dow Jones. *La República*.

Hamidan, M. A., & Borousan, F. (2022). Optimal planning of distributed generation and battery energy storage systems simultaneously in distribution networks for loss reduction and reliability improvement. *Journal of Energy Storage*, 46(September 2021), 103844. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103844>

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*.

Hota, A. P., Mishra, S., & Mishra, D. P. (2022). Active power loss allocation in radial distribution networks with different load models and DGs. *Electric Power Systems Research*, 205(December 2021), 107764. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2021.107764>

IEEE. (2012). *IEEE 1366-2012 Distribution Reliability Indices* (Vol. 2012).

Jiménez, D. V. (2015). Estudio de indicadores de calidad del suministro de energía eléctrica de una red de distribución a 13.2 kV. *Tesis de Maestría*, 101. <http://bdigital.unal.edu.co/57958/1/1053788870.2015.pdf>

Kennedy, R., Mahajan, A., & Urpelainen, J. (2019). Quality of service predicts willingness to pay for household electricity connections in rural India. *Energy Policy*, 129(February), 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.034>

Kim, H., Baek, S., & Won, W. (2022). Integrative technical, economic, and environmental sustainability analysis for the development process of biomass-derived 2,5-furandicarboxylic acid. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 157(December 2021), 112059. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.112059>

- Kumar, T., Post, A. E., Ray, I., Otsuka, M., & Pardo-Bosch, F. (2022). From public service access to service quality: The distributive politics of piped water in Bangalore. *World Development*, 151, 105736. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105736>
- Landegren, F., Johansson, J., & Samuelsson, O. (2019). Quality of supply regulations versus societal priorities regarding electricity outage consequences: Case study in a Swedish context. *International Journal of Critical Infrastructure Protection*, 26, 100307. <https://doi.org/10.1016/j.ijcip.2019.100307>
- Liu, Y., Cai, Y. P., Huang, G. H., & Dong, C. (2012). Enhancement of economic and ecological sustainability through integrated management of coal and electricity in north China. *Procedia Environmental Sciences*, 13(2011), 467–497. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2012.01.040>
- López-Cariboni, S. (2018). Pérdidas de energía eléctrica y regímenes políticos en América Latina. *Journal Globalization, Competitiveness and Governability*, 12(1), 109–119. <https://doi.org/10.3232/GCG.2018.V12.N1.06>
- Macedo, B. (2005). El concepto de sostenibilidad. *Oficina Regional de Educacion Para America Latina y El Caribe-UNESCO*, 4.
- Machen, R. V., Sawyer, J. E., Bevers, S. J., & Mathis, C. P. (2021). Measuring economic sustainability at the ranch level. *Rangelands*, 43(6), 240–245. <https://doi.org/10.1016/j.rala.2021.10.005>
- Maldonado, J. C., & Cando, M. (2018). *Determinación de pérdidas de energía en transformadores de distribución mediante algoritmo de compensación en sistemas de medición.*
- Mirza, F. M., Rizvi, S. B. U. H., & Bergland, O. (2021). Service quality, technical efficiency and total factor productivity growth in Pakistan's post-reform electricity distribution companies. *Utilities Policy*, 68(January), 101156.

<https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101156>

Monteiro, R. V. A., Guimarães, G. C., Silva, F. B., da Silva Teixeira, R. F., Carvalho, B. C., Finazzi, A. de P., & de Vasconcellos, A. B. (2018). A medium-term analysis of the reduction in technical losses on distribution systems with variable demand using artificial neural networks: An Electrical Energy Storage approach. *Energy*, *164*, 1216–1228. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2018.09.021>

Muller, R. B., & Rego, E. E. (2021). Privatization of electricity distribution in Brazil: Long-term effects on service quality and financial indicators. *Energy Policy*, *159*(July), 112602. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112602>

Muñoz, J., Hurtado, A., & Gómez, E. (2018). *Modelo de análisis probabilístico para estimar los indicadores de calidad del servicio de energía eléctrica del Grupo EPM en el departamento de Antioquia*.

Neto, A. S. S., Reis, M. R. C., Coimbra, A. P., Soares, J. C. V, & Calixto, W. P. (2022). Measure of Customer Satisfaction in the Residential Electricity Distribution Service Using Structural Equation Modeling. *Energies*, 1–30.

ONU. (2017). 7. *Energía asequible y no contaminante*.

Pollitt, M. (2008). *Electricity reform in Argentina : Lessons for developing countries* ☆. *30*, 1536–1567. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2007.12.012>

Ren, S., Feng, X., & Yang, M. (2020). Energy evaluation of power generation systems. *Energy Conversion and Management*, *211*(March), 112749. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.112749>

Roldán Zapata, P. M. (2014). Barreras técnicas en las redes de transmisión eléctrica colombianas que dificultan la evolución a redes eléctricas inteligentes. *Tesis de Maestría*, *72*. <http://www.bdigital.unal.edu.co/48038/>

- Sadiq, E. H., Antar, R. K., & Ahmed, S. T. (2022). Power losses evaluation in low voltage distribution network: a case study of 250 kVA, 11/0.416 kV substation. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, 25(1), 35–41.
<https://doi.org/10.11591/ijeecs.v25.i1.pp35-41>
- Sáenz, J. (2015). *IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SEGURIDAD PARA LAS COMUNICACIONES EN MEDIDORES INTELIGENTES DE BAJA TENSIÓN EN SMART GRIDS* (Vol. 13, Issue 3).
- Saint Akadiri, S., Adewale Alola, A., Olasehinde-Williams, G., & Udom Etokakpan, M. (2020). The role of electricity consumption, globalization and economic growth in carbon dioxide emissions and its implications for environmental sustainability targets. *Science of the Total Environment*, 708, 134653.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134653>
- Sánchez, W., & Morales, K. (2000). *Identificación y control de perdidas de energía en el sistema de distribución secundaria*.
- Sandoval, A. M. (2004). Monografía del sector de electricidad y gas colombiano: Condiciones actuales y retos futuros. *Archivos de Economía DNP*, 1–121.
- Sartori, S., Witjes, S., & Campos, L. M. S. (2017). Sustainability performance for Brazilian electricity power industry: An assessment integrating social, economic and environmental issues. *Energy Policy*, 111(January), 41–51.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.08.054>
- Smith, R. A., & Zapata, W. (2000). *ELÉCTRICA BAJO UN ESQUEMA DE MERCADO Resumen*. 45–56. [http://www.bdigital.unal.edu.co/53213/1/Energetica 2000 No. 24-45.pdf](http://www.bdigital.unal.edu.co/53213/1/Energetica%202000%20No.%2024-45.pdf)
- Soroush, G., Cambini, C., Jamasb, T., & Llorca, M. (2021). Network utilities performance and institutional quality: Evidence from the Italian electricity sector. *Energy*

Economics, 96, 105177. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105177>

SSPD. (2017). *Diagnóstico de la calidad del servicio de energía eléctrica el Colombia 2016*.

SSPD. (2018). *Diagnóstico de la Calidad del Servicio de Energía Eléctrica en Colombia 2017*.

SSPD. (2019). *Diagnóstico de la Calidad del Servicio en Colombia 2018*. 1–62.
https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2019/Jun/diagnostico_calidad_servicio_2018.pdf

SSPD. (2020). *Diagnóstico de la Calidad del Servicio en Colombia 2019*. 148, 148–162.

Thaler, P., & Hofmann, B. (2022). The impossible energy trinity: Energy security, sustainability, and sovereignty in cross-border electricity systems. *Political Geography*, 94(December 2021), 102579.
<https://doi.org/10.1016/j.polgeo.2021.102579>

Tovar, B. (2009). *Measuring efficiency and productivity change (PTF) in the Peruvian electricity distribution companies after reforms*. 37, 2249–2261.
<https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.01.037>

World Bank Group. (n.d.). *Energy Sector Management Assistance Program*.
<https://www.esmap.org/>

World Economic Forum. (2021). *The Global Risks Report 2021: 16th Edition*.

WorldBank. (2004). *Colombia Recent Economic Developments in Infrastructure*. II(30379), |.

Yao, J., Xiao, E., Jian, X., & Shu, L. (2021). Service quality and the share of renewable energy in electricity generation. *Utilities Policy*, 69(January), 101164.

<https://doi.org/10.1016/j.jup.2020.101164>