

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

**PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI EN
VILLAVICENCIO COLOMBIA**

John Jenderson Álvarez Rey

Manuel Ángel Santana Lagos

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS

BOGOTA D.C.

2020

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI



UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS
PRIMER CLAUSTRO UNIVERSITARIO DE COLOMBIA

FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI EN VILLAVICENCIO COLOMBIA

Trabajo de Grado Presentado como Requisito Parcial para Optar al Título de MBA

Tutor

Doctora. Helga Ofelia Dworaczek Conde

Directora facultad de administración

UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS

FACULTAD ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

MAESTRIA EN ADMINISTRACION DE NEGOCIOS

BOGOTA D.C.

2020

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Agradecimientos

Este trabajo representa la culminación de un proceso de formación académica y profesional que inicie hace dos años con el convencimiento de que la vida me concedería poder llevarlo a feliz término. Por esto, en primer lugar, quiero agradecer a Dios, a Santo Tomás de Aquino, patrono de los estudiantes y a la Virgen María, quienes me concedieron el discernimiento y la sabiduría requerida para afrontar cada obstáculo presentado y cada prueba abordada.

La familia es un bastión muy importante, por eso agradezco a mi esposa Marilly Liceth Sánchez Varela, quien desde hace más de 8 años me acompaña en cada reto que emprendo; con su carácter y entusiasmo me motiva siempre a seguir adelante y no desfallecer por difícil que parezca el panorama. A mi hijo Martín Eduardo que hace más de un año alegra cada día de mi vida y me enseña otra profesión la de ser padre, empujándome a no detenerme y a trabajar cada día por un mejor futuro para él.

Agradezco también a mis padres, Carlos Enrique Álvarez Pinto y Ana Rey Arenas quienes siempre me han acompañado con sus consejos, cuidados y oraciones mi proceso de formación; dándome la convicción de que la disciplina, el sacrificio y el compromiso darán siempre un buen fruto.

A mis hermanos: Juan Carlos y Luisa Fernanda quienes han visto en mi un ejemplo de superación y de crecimiento.

Agradezco enormemente el acompañamiento brindado por nuestra tutora, la doctora Helga Ofelia Dworaczek, quien decidió guiarnos en esta etapa final compartiéndonos sus conocimientos académicos de manera incondicional y desinteresada para que lográramos culminar de manera exitosa esta investigación.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

A mi empresa Electrificadora del Meta S.A. ESP quien desde hace más de diez años me ha permitido formarme laboralmente, crecer profesionalmente y quien me apoyó económicamente para la consecución de este objetivo.

Y finalmente a mis compañeros de estudio, al cuerpo de docentes y cada persona que en la facultad me acompañó a lo largo de este ciclo aportándole experiencias, conocimientos y anécdotas que quedarán para mi vida especialmente a Manuel Santana Lagos, quien decidió subirse en este viaje académico y confiar firmemente en lo que lograríamos en el desarrollo de esta tesis.

John Jenderson Álvarez Rey

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Agradecimientos

Dentro de mi proceso de formación académica, siempre ha estado presente el núcleo familiar, siendo bastión para seguir adelante y es por ello que quiero involucrar en el logro obtenido mediante este trabajo de investigación. Principalmente está mi esposa Yarleni Ríos quien ha sacrificado tiempo, me ha brindado el apoyo necesario y el espacio requerido para dedicar a los avances del estudio; también a mis hijos Sebastián y Valentina, quienes sin darse cuenta me han cedido su mayor tesoro, como lo es el tiempo para compartir en familia y que es tan importante para su desarrollo, teniendo claro que este logro me servirá para poder inculcarles que las metas se pueden cumplir a base de esfuerzo y disciplina y que lo más difícil para lograrlas es tomar la decisión de iniciar.

Agradezco también a mis padres, quienes a la distancia siempre han estado pendientes, mi mamá Carmen Tulia Lagos, con su apoyo espiritual y buenos consejos y mi Padre Pedro Rafael Santana, quien, con su perseverancia siempre me ha demostrado que para salir adelante se requiere del propósito y convicción.

Agradezco inmensamente el apoyo por parte de nuestra tutora, la doctora Helga Ofelia Dworaczek, quien nos aportó sus conocimientos de manera incondicional y brindó el apoyo requerido para sacar adelante la investigación por medio de su gran experiencia y conocimiento académico.

A la empresa Otis Elevator Company, permitiéndole tener una estabilidad laboral que es parte fundamental para realizar esta clase de estudios y a su vez en este proceso académico me apoyó económicamente, aportando a mi desarrollo intelectual y profesional.

A mis compañeros de estudio, ya que durante todo el ciclo me aportaron sus conocimientos y experiencias empresariales las cuales son fundamentales dentro del proceso y

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

especialmente a John Álvarez Rey, quien me dio su confianza para sacar este proyecto adelante siendo compañero de tesis.

Manuel Ángel Santana Lagos

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Tabla de Contenido

1. Introducción	17
2. Título	20
3. Problema de Investigación	21
3.1. Planteamiento del Problema.....	21
3.2. Formulación del Problema	26
4. Objetivos	27
4.1. Objetivo General	27
4.2. Objetivos Específicos.....	27
5. Justificación	28
6. Marco Teórico	32
6.1. Antecedentes de la Energía Eléctrica	32
6.2. Servicio Público Domiciliario (SPD).....	34
6.3. Energía Eléctrica como Servicio Público Domiciliario	34
6.4. AMI en el mundo y en Colombia.....	36
6.4.1. Proyecto AMI EMCALI	38
6.4.2. ELECTRICARIBE, Proyecto de Medición AMI	38
6.4.3. EPSA-Centro de Gestión de la Medida	38
6.5. Desarrollo de la Tecnología AMI en Colombia	39
6.6. Organismos Multilaterales en la Energía Eléctrica	39
6.6.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030	41
6.6.2. Objetivo siete (ODS 7)	42
6.6.3 Nuevo Acuerdo Verde Global ONU	44

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

6.7. Contexto de la Innovación en el Siglo XXI	45
6.7.1. Smart Grid o Red Inteligente	46
6.7.2. Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)	46
6.7.3. Red de Transporte	48
6.7.4 Redes de Distribución	49
6.7.5. Contratación en el Mercado Regulado	50
6.7.6. Almacenamiento de Energía	50
6.7.7. Derechos de los Consumidores de Energía	51
6.7.8. Contador de Energía Activa	51
6.7.9. Sistemas Avanzados de Medida	52
6.8. Normatividad y Regulación	53
6.8.1. Norma Técnica Colombiana (NTC) 6079 de 2014	56
6.9 Objetivos de Colombia en Materia Energética	57
6.10. Antecedentes de Teorías de Desarrollo Económico	58
6.11. Planteamientos administrativos	60
6.11.1. Teoría Desarrollista	60
6.11.2. Ecoinnovación	62
6.11.3. Innovación Disruptiva	66
7. Metodología	69
7.1. Instrumentos de Recolección de Información	72
7.2. Análisis de Triangulación - Elementos Significativos	73
7.3 Flujograma de la Investigación	76
8. Resultados	78

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

8.1. Análisis del contexto Internacional de Proyectos de Implementación de la Tecnología AMI	78
8.2. Análisis del contexto Nacional de Proyectos de Implementación de la Tecnología AMI.	83
8.3. Proyecto Piloto en el Municipio de Puerto Rico (Departamento del Meta).....	86
8.3.1. Etapa de Ejecución	89
8.3.2. Desventajas del Proyecto SPI en el Municipio de Puerto Rico Meta	89
8.4. Evolución de la Energía Eléctrica en Villavicencio	90
8.5. Caracterización del Mercado Eléctrico en el Departamento del Meta y Villavicencio	95
8.6. Análisis del Mercado de Energía Eléctrica	97
8.6.1. Cobertura Energética Nacional	97
8.6.2. Calidad del Servicio	98
8.6.3. Evolución Técnica y Comercial de la Compañía	99
8.6.4. Índice de Cobertura en el Departamento del Meta	100
8.7. Indicadores de Calidad en el Mercado Local	102
8.8. Implementación de los ODS en Colombia.....	104
8.8.1 Indicadores Objetivo Siete de ODS	106
8.8.2. ODS Departamento del Meta y Villavicencio	109
9. Análisis de Resultados	110
9.1. Propuesta para la Implementación de la Tecnología AMI en la Ciudad de Villavicencio Colombia	110
9.1.1. Beneficios Tributarios que Obtiene la Compañía con la Implementación de AMI	110
9.1.2. Primer Paso para la Implementación de AMI es el Análisis y la Apropiación del Contexto Normativo Identificando	112
9.1.3. Propuesta Administrativa para la Implementación AMI	113

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI	10
9.1.4. Actividades Previas a la Implementación	114
9.1.5. Indicadores de los ODS 7	116
9.1.6. Beneficios Estimados Por la Implementación de la AMI	117
9.1.7. Empresas que Ofertan Dispositivos Tecnológicos para AMI	118
10. Conclusiones	119
11. Recomendaciones	122
12. Referencias	123

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Lista de Figuras

Figura 1. Evolución tecnología AMI en Colombia.	40
Figura 2. Estructura normativa y regulatoria sector energético en Colombia.	58
Figura 3. Planteamientos administrativos	61
Figura 4. Relación entre la ecoinnovación y AMI	67
Figura 5. Relación entre la innovación disruptiva y AMI.	69
Figura 6. Representación del análisis triangular.	75
Figura 7. Flujograma de la investigación.	78
Figura 8. Ubicación geográfica municipio Puerto Rico Meta	89
Figura 9. Etapa de ejecución.	90
Figura 10. Índice cobertura de energía nacional.	98
Figura 11. Indicadores Saidi y Saifi 2016 – 2018.	100
Figura 12. Evolución comercial clientes Emsa.	101
Figura 13. Índice cobertura de energía eléctrica en el departamento del Meta	102
Figura 14. Indicador Saidi 2015- 2018.	104
Figura 15. Indicadores SAIFI 2015 – 2018.	105
Figura 16. Normas que han expedido para implementar el AMI en Colombia	114
Figura 17. Flujograma ciclo PHVA de la propuesta.	115

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Lista de Tablas

Tabla 1. Proyectos de implementación AMI en el mundo.	38
Tabla 2. Principales teorías económicas.	59
Tabla 3. Conceptos de ecoinnovación.	65
Tabla 4. Análisis metodológico.	72
Tabla 5. Esquema del usuario.	76
Tabla 6. Adaptación teórica a la tecnología AMI.	76
Tabla 7. Contexto del mercado (AMI).	77
Tabla 8. Resumen proyectos internacionales tecnología AMI.	79
Tabla 9. Resumen de proyectos pilotos en Colombia tecnología AMI.	84
Tabla 10. Evolución de clientes del mercado Puerto Rico Meta.	88
Tabla 11. Resumen económico del contrato.	89
Tabla 12. Evolución de la energía eléctrica en Villavicencio.	91
Tabla 13. Lista de chequeo etapas de la energía en Villavicencio Meta.	94
Tabla 14. Distribución grupos calidad del servicio.	98
Tabla 15. Evolución clientes electrificadora del Meta.	100
Tabla 16. Facturación por clase de servicio Electrificadora del Meta.	102
Tabla 17. Indicadores objetivo 7 de Ods.	106

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Resumen

Esta investigación, cuyo objetivo es diseñar la Propuesta para la Implementación de tecnología AMI en la ciudad de Villavicencio aportando al logro de las metas del séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible en Colombia, está fundamentada en experiencias a nivel nacional e internacional, donde su implementación ha sido exitosa reflejando las variables que se deben contemplar a nivel técnico, comercial y normativo; permitiendo un análisis profundo que conduzca a la toma de decisiones para su implementación dentro de la Empresa Electrificadora del Meta S.A. Se desarrolla un recorrido por aspectos históricos (evolución de la energía eléctrica en Colombia, concepto de servicios públicos domiciliarios, avances tecnológicos de AMI y electrificadora del meta). De la misma manera se destaca la importancia que tienen los ODS, haciendo énfasis en el objetivo 7 como parte fundamental del estudio, y se contemplan la teoría desarrollista, ecoinnovación y la innovación disruptiva como fundamento teórico. Posteriormente se realiza un análisis de información donde se tienen en cuenta los principales conceptos relacionados con el estudio como Smart Green, infraestructura de medición avanzada, medidor inteligente, principales derechos del consumidor, temas normativos y regulatorios en el territorio Nacional Colombiano. Para esta propuesta, se aborda una investigación cualitativa con alcance comparativo y descriptivo, realizando una introducción de cada uno de los puntos esenciales para este tipo de investigación, abarcando los principales exponentes de la teoría. A su vez se utiliza como herramienta estratégica de investigación, el Análisis Triangular permitiendo diferentes enfoques para llegar a una propuesta más acertada del problema de investigación planteado; tomando como principal referencia el esquema de los usuarios, teorías relacionadas y un contexto del mercado. Realizada la investigación y basados en la propuesta, se considera que, con la implementación de esta tecnología, las empresas pueden llegar a ser más competitivas en

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

el mercado, debido al correcto uso de la información, eficiencia en los procesos operativos, reducción de los trámites administrativos y la disminución en las pérdidas comerciales de energía, aportando de manera directa a al objetivo 7 de los ODS, y contribuyendo a la sostenibilidad ambiental en la región.

Palabras clave: Infraestructura de medición avanzada, red inteligente, medidor inteligente, análisis triangular, objetivos de desarrollo sostenible.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Abstract

This research, whose objective is to design the Proposal for the Implementation of AMI technology in the city of Villavicencio contributing to the achievement of the goals of the seventh Sustainable Development Goal in Colombia, is based on experiences at the national and international level, where its implementation has been successful reflecting the variables that must be considered at the technical, commercial and regulatory levels; allowing in-depth analysis leading to decision-making for its implementation within the company Electrificadora del Meta S.A. A tour of historical aspects is developed (evolution of electrical energy in Colombia, concept of domiciliary public services, technological advances in AMI and electrifying the Meta). In the same way, the importance of the SDGs is highlighted; emphasizing objective seven as a fundamental part of the study, and developmental theory, eco-innovation and disruptive innovation are considered as a theoretical foundation. Subsequently, an information analysis is carried out that takes into account the main concepts related to the study such as Smart Green, advanced measurement infrastructure, smart meter, main consumer rights, normative and regulatory issues in the Colombian National territory. For this proposal, a qualitative research with comparative and descriptive scope is addressed, making an introduction to each of the essential points for this type of research, covering the main exponents of the theory. In turn, Triangular Analysis is used as a strategic research tool, allowing different approaches to arrive at a more accurate proposal of the research problem posed; taking as a main reference the scheme of users, related theories and a market context. Once the research has been carried out and based on the proposal, it is considered that, with the implementation of this technology, companies can become more competitive in the market, due to the correct use of information, efficiency in operating processes, and reduction of procedures. Administrative and the reduction in

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

commercial energy losses, directly contributing to objective seven of the SDGs, and contributing to environmental sustainability in the region.

Keywords: Advanced measurement infrastructure, smart grid, smart meter, triangular analysis, sustainable development goals.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

1. Introducción

La energía eléctrica como servicio público domiciliario y como reglón de la economía nacional, es un bastión fundamental en el crecimiento económico del país y en la evolución hacia un territorio equitativo, que promueva el desarrollo y bienestar para cada uno de sus habitantes. La apertura económica y la globalización conllevaron a que se diseñará un modelo energético cada vez más eficiente que propendiera por un servicio de calidad y continuidad. Con la adopción de la Ley 142 y 143 de 1994, y la creación de organismos de regulación, vigilancia, inspección y control se marcó la pauta para que el sector se visiona como uno de los competitivos en el país buscando siempre el equilibrio entre los prestadores del servicio (empresas del sector) y los consumidores o usuarios finales.

La distribución y comercialización de energía eléctrica son negocios dentro de la cadena de valor que día a día van adoptando nuevas estrategias, técnicas y herramientas con el fin de garantizar accesibilidad, calidad y continuidad del servicio para los diferentes mercados que atienden. El gobierno nacional de la República de Colombia como garante facilita los mecanismos y emite las regulaciones pertinentes para que el equilibrio del mercado no se desborde y las condiciones óptimas se mantengan en los diferentes escenarios.

Los sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI), han tenido gran acogida en los países desarrollados donde su implementación ha sido realizada de manera gradual, lo que ha permitido realizar ajustes en los modelos mejorando su funcionamiento y logrando potencializar los sistemas interconectados con el fin de aumentar la confiabilidad en los usuarios. Es así como existen estudios que van más allá de la implementación, buscando mejorar los estándares de seguridad de la información debido al alto porcentaje de datos que se obtienen y que pueden ser utilizados por actores fuera del objeto principal para el que han sido diseñados. En Colombia, el

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

uso de esta herramienta tecnológica que tiene alta importancia y ha sido implementado parcialmente por las principales empresas proveedoras de energía eléctrica en el país (Empresas de Energía de Bogotá -EEB, Codensa, Emgesa, EPM y Electricaribe) buscando mejorar la productividad y aumentando los indicadores de rentabilidad por medio de los aportes que generan las conexiones bidireccionales entre las empresas generadoras, distribuidoras, comercializadoras y sus clientes directos. Dentro de los principales aportes presentados al implementar una tecnología (AMI), se destacan el disminuir las pérdidas comerciales (provenientes de conexiones fraudulentas) y generar un mecanismo para concientizar a los usuarios en el uso de la energía eléctrica, aspectos fundamentales a la hora de pensar en la sostenibilidad de los recursos y del medio ambiente.

Por otra parte, es importante ver las posibilidades que tiene el sector energético con la implementación de nuevas tecnologías y el desarrollo de las denominadas fuentes de energía renovable. Colombia como país en vía desarrollo integrante de diferentes organismos de cooperación internacional y como Estado que vincula dentro de sus políticas públicas programas que impactan considerablemente el bienestar de sus habitantes y la sostenibilidad de su economía; ha venido trabajando en el diseño de una agenda gubernamental que garantice la disponibilidad de recursos legales, económicos, técnicos y humanos para el cumplimiento gradual y progresivo de los objetivos de desarrollo sostenible.

Esta investigación presenta la evolución histórica de la energía eléctrica, su categorización como servicio público domiciliario en Colombia y la progresiva concepción de leyes y normativas que regulan su prestación. Posteriormente, se decanta una revisión bibliográfica de los principales pensamientos administrativos y teorías relacionadas con el desarrollo sostenible; también la adopción de herramientas tecnológicas para la contribución de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

logros encaminados al Objetivo siete de los ODS. Lo anterior, con el fin de formular una propuesta que resalta los beneficios ofrecidos por la aplicación de la tecnología AMI en el mercado eléctrico de Villavicencio para una empresa como la Electrificadora del Meta SA ESP.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

2. Título

Propuesta para la implementación de la tecnología AMI en Villavicencio, Colombia.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

3. Problema de Investigación

3.1. Planteamiento del Problema

En Colombia los servicios públicos domiciliarios (energía eléctrica, gas, acueducto, alcantarillado y aseo) han tenido una expansión en temas de cobertura y calidad importantes a lo largo del siglo XX y parte del siglo XXI. Según la información emitida por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE) (2018) indica que el 96.9% de los hogares colombianos cuenta con energía eléctrica, el 86,4% con acueducto y 68.8% con gas natural domiciliario.

Bilbao y Lanza (2009) establecen que el sector eléctrico colombiano ha logrado mayor evolución con la aplicación de la Ley 109 de 1936, complementada por el Decreto 1606 de 1937; a raíz del inconformismo que presentaba la población en general, se determina la mediación del Estado en las empresas prestadoras de servicios públicos; esto principalmente porque las compañías no prestaban sus servicios con óptimos niveles de calidad; Con esta Ley, se declaró el suministro de energía eléctrica como servicio público fundamental y se estipuló que el interés de la población es principal al de las empresas encargadas de la prestación de dicho servicio; por lo tanto, podrían ser expropiadas por el Estado. En 1967 el Comité de Interconexión a través de la firma Middle West Service Co analiza la estructura más conveniente para la interconexión y sugiere crear una nueva entidad encargada de construir y operar las líneas de interconexión y las nuevas centrales de generación, constituyendo la empresa industrial y comercial del Estado: Interconexión Eléctrica S.A. – ISA

Las décadas de 1960 y 1980 se caracterizaron por un aumento de la demanda de energía eléctrica a raíz del crecimiento poblacional, el desarrollo de la economía, los cambios tecnológicos y por las políticas del gobierno encaminadas al aumento de la cobertura del

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

servicio. A comienzos de la década de 1990, el sector se encontró en una difícil situación financiera como resultado de la desfavorable gestión y exigua eficiencia administrativa, operativa y financiera del Estado, la cual terminó finalmente en un racionamiento nacional de electricidad durante los años de 1991 y 1992. A partir de la Constitución Política de 1991, se precisa un nuevo esquema para la prestación de los servicios públicos domiciliarios, donde el Estado es un garante y debe asegurar la prestación eficiente de dichos servicios para mejorar la calidad de vida de la población y el bienestar general (Bilbao y Lanza, 2009).

Bilbao y Lanza (2009) manifiestan que en el año 1992 se dio origen a la Comisión de Regulación Energía y Gas, como una institución autónoma e independiente encargada de la regulación del sector y posteriormente se creó la Unidad de Planeación Minero Energética adscrita al Ministerio de Minas y Energía. En 1994 el sector eléctrico colombiano inicia la aplicación de políticas neoliberales evidenciadas en la modernización de la infraestructura eléctrica y el ingreso de capital privado extranjero para la operación y mantenimiento de las empresas de servicios públicos con miras a la consolidación de la competitividad en el sector. Para este mismo año se sancionaron las Leyes 142 y 143, Ley de Servicios Públicos y Ley Eléctrica respectivamente; con las cuales se separaron las actividades de regulación y control y se introduce la competencia en el mercado de energía mayorista.

El sector eléctrico colombiano para el 2019, orienta su gestión en un esquema de libre mercado, combina la división de actividades (Generación, Transmisión, Distribución y Comercialización), participación abierta y regulación por parte del Estado; Básicamente, está dominado por la generación de energía hidráulica que corresponde al 67% de la producción y la generación de energía térmica que representa el 30%. Sin embargo, el potencial del país en nuevas fuentes de generación renovables como la eólica, solar y biomasa están siendo exploradas

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

dentro de la Política de Crecimiento Verde que está enmarcada en el CONPES 3934 de 2018 y que tiene como propósito incrementar el crecimiento económico que se necesitan para afrontar las problemáticas sociales en materia de pobreza, desigualdad y construcción de paz, sin perder de vista que se debe preservar los recursos naturales para las próximas generaciones. En concordancia con lo anterior, la demanda energética en el país también ha presentado un crecimiento paulatino y sostenido según cifras obtenidas de XM (Expertos en Mercados) creciendo a tasas que oscilan entre el 3.8% y el 4.4% lo que equivalen a 66.000 Gigavatios anualmente. No obstante, es pertinente resaltar la crisis vivida durante el año 2016 con el daño técnico sufrido en Guatapé y los fenómenos climáticos como el del niño donde se requirió mayor atención del sector energético; además hay que tener en cuenta la afectación sufrida en el proyecto Hidroituango que pone en riesgo el abastecimiento energético del país para el año 2021. Por lo tanto, los usuarios existentes, exigen cada vez mejores estándares de calidad en la prestación del servicio, reducción de costos para el consumidor final e incremento de los beneficios para las compañías dedicadas a este negocio.

En este sentido, cabe destacar que la competitividad de las empresas del sector eléctrico Colombiano, según informe del Consejo Privado de Competitividad (2018) ha venido presentando avances importantes en aspectos como la confiabilidad del servicio, diversificación de la matriz energética y costo promedio de la energía; Sin embargo, con respecto a los indicadores de calidad del servicio y en comparación con países de Latinoamérica resulta estar por debajo del promedio al ubicarse en la posición 12 entre 18 países, lo cual al revisar la relación a nivel mundial presenta un indicador muy similar debido a que ocupa la posición 87 de 140 países; destacando así la importancia de involucrar nuevas tecnologías en la prestación del servicio que tengan como resultado un gana-gana para los actores del mercado.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

El Consejo Privado de Competitividad (2018) afirma que Colombia se encuentran frente a grandes desafíos energéticos en aspectos como: la diversificación de la matriz energética, el aumento de la cobertura en el Sistema Interconectado Nacional, Adopción de nueva regulación que mejore la flexibilidad en la prestación del servicio, mejoramiento de la estructura tarifaria, entre otros; debe orientar el desarrollo del mercado a la mejora del servicio, garantizando la prestación continua del mismo y gestionando los riesgos desprendidos de fenómenos climáticos, el acceso a zonas de difícil gestión, la disminución eficiente de las pérdidas de energía, la atención eficaz a los requerimientos de los usuarios y la implementación de herramientas tecnológicas.

El Consejo Privado de Competitividad (2018) señala que en un contexto de revolución industrial 4.0 Colombia requiere implementar herramientas tecnológicas que la sitúen en un lugar privilegiado del mercado de energía eléctrica en Latinoamérica. Por lo anterior, el Estado colombiano ha expedido normatividad específica por medio de los organismos que lideran este proceso, como la Comisión de Regulación de Energía y Gas y la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Donde la principal norma que implica el presente estudio es la Resolución 40072 de 2018, emitida por el Ministerio de Minas y Energía la cual pretende brindar un escenario amigable y con proyección al año 2030 para la implementación de tecnologías que involucren Redes Inteligentes e Infraestructura de Medición Inteligente. Posteriormente esta misma entidad emitió las resoluciones 40483 y 40459 durante el año 2019 que hacen modificaciones a la mencionada anteriormente.

Es importante resaltar, con base en las experiencias obtenidas de otros países, que dicha tecnología permite contar con un esquema de medición de consumo y prestación del servicio que sea más eficiente, eficaz y amigable con el cliente o consumidor final. Lo que conlleva a la

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

automatización de los sistemas de distribución eléctrica, la creación de los centros de supervisión y maniobras con los que se ejerce el control en tiempo real del sistema interconectado eléctrico nacional y la zonificación de los diferentes circuitos.

Actualmente, el Departamento del Meta cuenta con un único operador de red, la Electrificadora del Meta S.A. E.S.P., que a partir de 1981 lidera la distribución y comercialización de energía eléctrica (plan de inversiones según resolución CREG. 015) fortaleciendo su posicionamiento competitivo con la renovación de su infraestructura, brindado capacitación a los colaboradores y actualizando sus procesos internos. El Consejo Privado de Competitividad (2019) dice que el departamento presenta los siguientes indicadores con relación a 33 departamentos que componen el país e integrado Bogotá como ciudad Distrito Capital de Colombia. Principalmente se ubica en la posición 15 en el ranking de competitividad nacional y en lo concerniente al tema de cobertura energética presenta un puntaje de 6.96 de 10 posibles, ubicándolo por debajo del promedio, con la posición 24 entre los 33 departamentos sin embargo con respecto al costo de la misma, está mejor posicionado obteniendo el puesto 17 con un puntaje de 5.56. otros indicadores importantes para el caso de investigación y que proporciona este informe, son el índice de innovación que ubican al Meta en la posición 16 y sostenibilidad ambiental donde ostenta el lugar 19.

Por su parte la ciudad de Villavicencio al realizar la verificación de estos indicadores en el Índice de Competitividad de Ciudades (ICC), muestra una posición general de 15 entre 23 ciudades principales del país, con un puntaje de 4.52 de 10 posibles y donde Bogotá lidera con 7.57; por temas de cobertura de energía eléctrica el panorama no es el más alentador reflejando en puesto 22 y con un puntaje de 7.62 sobre 10 y también en temas de costos está por encima del promedio representado en este índice con el puesto 20 con un puntaje de 1.57 , a su vez se

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

tiene en cuenta los temas de innovación y dinámica empresarial donde la ciudad presenta con relación al año anterior 2018 un descenso de 4 posiciones y que lo ubica en 2019 en el puesto 15 con 1.67 puntos, por su parte el tema de sostenibilidad ambiental es sobresaliente con el puesto 4. Mostrando la importancia que representa el trabajar en implementación de herramientas tecnológicas, invertir en innovación y desarrollo y mantener el buen camino con altos estándares de sostenibilidad ambiental (Consejo Privado de Competitividad, 2019).

Teniendo en cuenta los indicadores mencionados, La Electrificadora del Meta, ha identificado como debilidad empresarial las pérdidas comerciales debido a los fraudes, las zonas de difícil acceso, la reducción de sus márgenes de utilidad, el sostenido porcentaje de sus clientes facturados por promedio en las zonas urbanas y rurales y las reclamaciones por errores en la facturación; además del deterioro de su imagen corporativa, aspectos que afectan el cumplimiento de los indicadores del Plan Estratégico Corporativo (PEC 2016-2025) y redundan en la continuidad de la empresa.

3.2. Formulación del Problema

En virtud de lo anterior se plantea la siguiente pregunta ¿Cómo diseñar una propuesta para la implementación de la tecnología AMI en la ciudad de Villavicencio Colombia, articulando la normatividad específica del sector y perspectivas administrativas que contribuyan a la gestión empresarial y al cumplimiento del objetivo siete de los ODS?

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Diseñar la Propuesta para la Implementación de tecnología AMI en la ciudad de Villavicencio Colombia, contribuyendo al mejoramiento organizacional de la EMSA E.S.P. y aportando al logro de las metas del séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible en Colombia.

4.2. Objetivos Específicos

- Analizar el contexto nacional e internacional de proyectos de implementación de la tecnología (AMI), definiendo los elementos para su aplicación en la ciudad de Villavicencio Colombia.
- Determinar los aportes al logro de las metas del séptimo Objetivo de Desarrollo Sostenible en Colombia con la implementación de la tecnología (AMI) en el municipio de Villavicencio.
- Considerar las diferentes teorías administrativas que se relacionan directamente con el proyecto en aras de brindar un aporte conceptual y técnico al proceso de mejora organizacional que puede tener EMSA E.S.P. con la adopción de esta tecnología.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

5. Justificación

Por medio de la presente investigación se aborda un panorama amplio con relación a la importancia que representa incluir una herramienta tecnológica como la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en la gestión empresarial y organizacional de la Electrificadora del Meta S.A. ESP, empresa que desarrolla su actividad en el departamento del Meta: allanando así el camino para el cumplimiento de las normativas y directrices expedidas por los diferentes organismos del sector energético.

Dicha propuesta fundamentada básicamente en dos ejes: el primero, la experiencia que ha dejado casos de éxitos en países europeos (España, Francia e Italia), asiáticos (China y Korea), norteamericanos (Estados Unidos de Norteamérica, Canadá) y no menos importantes suramericanos (Brasil) incluyendo los avances dentro del territorio nacional en las principales ciudades. El segundo, la relación de esta propuesta con los Objetivos de Desarrollo Sostenible y el impacto que esto puede tener a la sostenibilidad de la región y los grupos de interés.

Los mercados energéticos mundiales, trabajan con tecnología avanzada para alcanzar altos niveles de productividad y a su vez disminuir las pérdidas comerciales por falta de control dentro de los procesos de distribución y comercialización de la energía eléctrica, generando información y conocimiento que debe ser utilizada por países en vía de desarrollo que aún no cuentan con la implantación de Redes Inteligentes - RI y AMI.

Con el fin de atender el mercado creciente y exigente en el sector eléctrico colombiano se han identificado factores que conllevan a la inversión y mejora de la infraestructura de las redes eléctricas como son: el aumento de la presencia de fuentes no convencionales de energía, la movilidad eléctrica, la disminución de las pérdidas comerciales, la confiabilidad del suministro eléctrico, prestación de servicios conexos y la eficiencia del sistema; en respuesta a esto, nace la

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

propuesta para la implementación de Redes Inteligentes en conjunto con la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en el servicio público de energía eléctrica. Dentro de los principales lineamientos trazados inicialmente como meta para el 2030 el tener 95% de los usuarios urbanos y un 50% de usuarios rurales con la nueva tecnología (AMI) (Ministerio de Minas y Energía, 2018). Sin embargo, en el año 2019 se emitió la resolución 40459 que modifica estas metas de cobertura.

Con la nueva infraestructura (AMI) se abre la posibilidad de mejorar los estándares de calidad en el servicio debido a la información que se maneja de forma bidireccional entre los usuarios y las empresas, permitiendo por medio de herramientas tecnológicas (computadoras, aplicaciones móviles y plataformas web) tener un control para generar conexión, desconexión y regular el servicio según la necesidad de cada unidad de negocio.

La Superintendencia de Industria y Comercio (2016) afirma que los usuarios del servicio eléctrico se ven beneficiados con las nuevas implementaciones en el sistema y pasan de ser actores pasivos sin mayor injerencia en la toma de decisiones operacionales, debido al sistema tradicional establecido que consiste en tener un medidor análogo y que por medio de un cálculo diferencial entre periodos le genera una facturación mensual; a ser actores activos, donde les permiten tener instalaciones en los hogares o lugares cercanos a los mismos que generan energía, permitiendo participar en la planeación de la red debido al almacenamiento, eficiencia energética y uso de energías renovables.

El Ministerio de Minas y Energía (2018) dice que, con la convicción de reducir los costos asociados a la prestación del servicio, basados en los aportes tecnológicos que facilitan la eficiencia energética, información en tiempo real para la gestión de la demanda y la posibilidad de generar modelos de tarificación donde existen sin duda alguna, ganancia tanto del sector

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

eléctrico (empresas generadoras, distribuidoras y comercializadoras) como de los consumidores finales del servicio. A lo mencionado anteriormente, no es ajena la Electrificadora del Meta S.A. ESP, la cual, en la región es una de las empresas más grandes y sus indicadores de calidad, eficiencia y rentabilidad se ven afectados constantemente por factores exógenos que no son fáciles de controlar con las herramientas de infraestructura y tecnología con las que cuenta actualmente. Por lo tanto, la presente investigación busca realizar una propuesta para la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada en la ciudad de Villavicencio (Colombia) para la empresa Electrificadora del Meta S.A. E.S.P.

Esta propuesta es de gran relevancia, toda vez que aporta al mejoramiento de sus estándares de calidad y la herramienta AMI le permite que en el mediano y largo plazo la compañía adopte nuevos esquemas de medición, facturación y gestión técnica de sus clientes facilitando la operación comercial de su negocio siendo más eficiente y eficaz en el cumplimiento de sus objetivos estratégicos.

Es de entender que la medición que se emplea actualmente y la toma de los registros en los diferentes puntos tanto comerciales como residenciales es la tradicional, teniendo en cuenta que los avances tecnológicos proporcionan muchas herramientas de control, seguridad para la información y mayor rendimiento en la recolección de datos; generando mayor control de parte de la empresa y aportando un mejor enfoque en la planificación de las redes, lo que conlleva a generar confianza al usuario por las posibilidades que tiene de realizar lecturas en tiempo real, dado que estarán interconectados con el sistema en todo momento.

Por otra parte, su elaboración es importante toda vez que nos permite como estudiantes de la Maestría en Administración (MBA) la oportunidad de aplicar los conocimientos adquiridos a lo largo del plan de estudios, en aspectos como la investigación, la gestión administrativa y la

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

valoración de información útil en la toma de decisiones. El enfoque multidisciplinar otorgado por la universidad a lo largo del proceso académico se constituye una herramienta fundamental para la elaboración del presente trabajo.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

6. Marco Teórico

6.1. Antecedentes de la Energía Eléctrica

Históricamente el concepto de desarrollo ha estado ligado a la evolución misma de la humanidad y con el pasar de los siglos el ser humano ha buscado incansablemente lograr un estado de bienestar que le permita satisfacer sus necesidades y superar sus expectativas, creando herramientas útiles para el quehacer diario. Una de ellas es la energía, que ha tenido una transformación a través de los tiempos, logrando su generación por medio de los recursos naturales, y extendiendo su servicio en las diferentes ramas de la vida humana (trabajo, educación, transporte, vivienda, entre otros).

Según Chasempour (2003), dentro del proceso de aprovechamiento de los recursos naturales como fuentes de energía, se presentan diferentes modelos energéticos como: Pre Agrícola, agrícola, avanzado, preindustrial, Industrial e Industrial Avanzado. Todos estos modelos están básicamente condicionados al uso de los recursos naturales y el aumento en su consumo de energía indicando la importancia de potencializarlos. Vale la pena señalar que este planteamiento corresponde a cómo se dio la evolución de la energía en Europa como primer continente que utilizó este recurso a través de las diferentes fuentes.

El modelo Preagrícola presenta la utilización de la madera para producir fuego como única fuente de energía, luego el modelo Agrícola presenta avances con relación a dos fuentes de energía como son la tracción ejercida por parte del mismo hombre y también de los animales y el uso de viento para movilizar embarcaciones. Por otra parte, el modelo Agrícola Avanzado se caracteriza por potencializar la producción agrícola con la llegada de nuevas herramientas (martillos, tenazas, sierras, engranajes, palancas, etc.) y también haciendo uso más adecuado de la energía eólica en la navegación, pero surgen también obras de ingeniería que involucran procesos hidráulicos para el

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

riego de los cultivos, potencializando el agro. La etapa siguiente, es el modelo Preindustrial donde se destacan las fuentes de energía como la madera, agua viento y tracción estaban en su mejor esplendor con una alta productividad agrícola, sin embargo, se presenta la primera escasez de la madera, debido a su consumo indiscriminado y se evidencia que el avance presentado durante este modelo es básicamente de la tecnología y su uso para el aumento de la productividad, es también dentro de este modelo que aparece por primera vez el término electricidad y se inventa el primer generador electrostático por Otto Von Guericke en 1660 (Cunningham, 2003).

Chasempour (2003) indica que el modelo industrial, generado por parte de Inglaterra y denominado Revolución Industrial, por el cambio en el aprovechamiento de una fuente de energía primaria que sustituirá dos fuentes de energía como el agua y el viento, las cuales eran gratuitas y de uso libre por una nueva y de carácter comercial como el Carbón mineral, siendo este modelo donde el hombre por primera vez logra realizar industrialmente el cambio de calor por trabajo, gracias a la máquina creada por James Watt en 1781, los avances tecnológicos no se hacen esperar, por la necesidad de producir más a menor esfuerzo y la energía eléctrica también surge con el desarrollo del Filamento de carbón produciendo luz por medio de la electricidad; luego finaliza con el gran descubrimiento del petróleo como fuente generadora de energía.

Con el último de estos modelos, Industrial Avanzado, que se basa y fundamenta en el uso del petróleo y sus derivados, permitiendo por medio de la petroquímica la generación de combustibles para la alimentación de toda clase de motores con el fin de generar movimiento mecánico en (aviones, barcos, automóviles, tractores, calderas o centrales térmicas); por lo anterior, se ha generado un gran desafío para todos aquellos que tienen la misión de preservar los recursos naturales no renovables (Chasempour, 2003).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

6.2. Servicio Público Domiciliario (SPD)

El término de servicios públicos data de mediados del siglo XIX en Francia, y ha tenido desde entonces gran importancia en países occidentales y en el continente americano, siendo vital el acceso a los mismos a través del Estado o empresas del sector privado; en Colombia se concebían integralmente y sin darles un tratamiento diferente hasta 1886, cuando se promulga la Constitución Política de Colombia y donde se determinan como Servicios Públicos Domiciliarios (acueducto, electricidad, gas, telefonía y aseo), separándolos de otros servicios públicos como el transporte, la salud, la educación entre otros . Se entiende entonces por SPD a los bienes y/o servicios tangibles o intangibles que reciben las personas en su lugar de residencia o trabajo y que están directamente relacionados con satisfacer necesidades básicas; éstos son suministrados por empresas públicas o privadas a través de diferentes mecanismos o instrumentos que buscan garantizar la atención oportuna de lo requerido por el usuario o consumidor final. Con la reforma constitucional presentada en 1936, el Estado Colombiano toma control de los Servicio Públicos Domiciliarios teniendo que regular, controlar y manejar la prestación de los mismos, garantizando que no se presentará un abuso por parte de entes privados sobre conveniencias colectivas (Camargo, 2015).

6.3. Energía Eléctrica como Servicio Público Domiciliario

Según Enríquez (2009) la parte de la producción de recursos naturales como el carbón, el petróleo y el gas son utilizados como generadores de energía eléctrica para el uso de los consumidores de equipos y aparatos electrónicos como principal referente, también está estipulado que la electricidad define al mundo moderno por su importancia dentro de todos los procesos de modernización teniendo en cuenta que desde la misma era de las tecnologías de la información dependen completamente de la energía eléctrica. La Energía Eléctrica se convierte

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

entonces en un factor fundamental para los consumidores en el mundo y a su vez para Colombia quien la cataloga como parte esencial del desarrollo interno por el potencial que se tiene para poder generarla y los diferentes usos que hacen los ciudadanos y el Estado de ella. Corredor (2020) afirma que llegando al punto de establecerla como un servicio público esencial (Leyes 142 y 143 de 1994) y apoyada por la definición dada por el código sustantivo del trabajo en su artículo 430 donde dice para este efecto se considera como servicio público, toda actividad organizada que tienda a satisfacer necesidades de interés general en forma regular y continua, de acuerdo con un régimen jurídico especial, bien que se realice por el estado, directa o indirectamente, o por personas privadas.

García, Cruz y Corredor (2005) manifiestan que teniendo en cuenta lo anterior, con la Ley 143 de 1994 el Estado regula y elimina el monopolio que tenía sobre este servicio, pero sin dejar de vigilar las empresas privadas que pasan a hacer parte de la generación, distribución y comercialización de energía Eléctrica. De esta manera se permite el ingreso de capital privado para potencializar las empresas de energía eléctrica y a su vez dar un respiro al gobierno nacional que veía aumentada su deuda externa por las inversiones a que tenía lugar para mantener el crecimiento de esta industria y de esta manera pasan a ser generadoras de recursos. Molano (2007) señala que:

En el año 1915, se instaló en Susumuco la primera planta generadora de energía que prestó sus servicios durante más de cinco décadas a los Villavicensenses. Al comienzo del año 1960, el gobierno nacional designó a la Electrificadora de Cundinamarca para que llevara energía a la ciudad de Villavicencio. En 1980 se dieron los primeros pasos para la creación de la empresa Electrificadora del Meta, como una entidad que tuviera autonomía a nivel jurídico, financiero, presupuestal, administrativo y técnico. Después, el 18 de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

diciembre de 1981, se constituyó la Electrificadora del Meta S.A., como una sociedad de economía mixta, entidad descentralizada, perteneciente al orden nacional, vinculada al sector administrativo del Ministerio de Minas y Energía. En ese momento se argumentó su creación admitiendo que el Meta era uno de los departamentos con mayor desarrollo relativo en el país, desde el punto de vista productivo, comercial y social (p. 10).

6.4. AMI en el mundo y en Colombia

Téllez, Rosero y Céspedes (2018) afirman que el servicio público de energía eléctrica, hasta hace dos décadas, contaba con unas características relativamente estables. Los progresos en la prestación del servicio durante la mayor parte del siglo XX estuvieron condensados en aspectos de mejora en cobertura, con condiciones inmutables en términos de generación de energía, medición del consumo y particularmente caracterizándose por contar con un consumidor pasivo.

Sin embargo, particularmente durante la última década, la entrada de fuentes de generación de energías renovables, la masificación de la generación distribuida, la electrificación del transporte y la aparición de nuevos elementos dentro de la cadena de valor, han suscitado avances tecnológicos en materia de medición, con el fin de poder suplir las necesidades del consumidor mucho más activo, y de unas redes con unas exigencias más complejas en materia de distribución de energía. Inicialmente la condición de bidireccionalidad de un medidor, y en particular, la lectura de manera remota, se consideraba un aspecto novedoso que sólo aplicaba a clientes destacados (Téllez et al., 2018).

Con el pasar de los años la modernización del sector eléctrico ha conllevado a la conexión y desconexión remota, lectura de consumos sin ir hasta el sitio y mayor precisión en la medición de estos. En los últimos años, a nivel mundial se han liderado e implementado sistemas

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

AMI con numerosos objetivos. Algunas experiencias resaltan en la definición de marcos regulatorios que apoyan la implementación masiva de medidores inteligentes: Australia, España, Francia, Italia, y Estados Unidos. También iniciativas conjuntas, como la de la Unión Europea de sustitución de medidores, que contienen medidas legislativas para armonizar el mercado energético (Téllez et al., 2018). Algunos proyectos destacados son (Ver tabla 1):

Tabla 1

Proyectos de implementación AMI en el mundo

País	Proyecto	Año de Proyección	Descripción
Francia	Programa Link	2021	Instalación de 35 millones de medidores inteligentes, sin costo para el usuario.
España	Proyecto Star	2018	Espera sustituir 10 millones de medidores e implementar un programa de tele-gestión y automatización de la red.
Italia	Proyecto Telegestore.	2016	Al año 2016 como primera fase cambió 32 millones de contadores y proyecta en segunda fase instalar 21 millones más.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Brasil	Proyecto Electropaulo Digital.	2017	Pretende la instalación de 62000 medidores inteligentes de los cuales 2100 son destinados a comunidades de bajos recursos.
--------	--------------------------------------	------	--

Fuente: Tabla tomada de Téllez, S. M., Rosero, J. y Céspedes, R. (2018). Sistemas de medición avanzada en Colombia: beneficios, retos y oportunidades.

En Colombia se han desarrollado algunos pilotos de medición con características AMI; la instalación de los medidores avanzados en Colombia ha estado marcada por iniciativas empresariales del sector eléctrico, haciendo parte de pilotos en busca de identificar potencialidades y beneficios de la medición avanzada. De acuerdo con las empresas distribuidoras de energía en Colombia han presentado los siguientes proyectos:

6.4.1. Proyecto AMI EMCALI

14500 medidores instalados para una factible implementación en un sistema pre-pagado con posibilidad de conexión y desconexión remota. (Corporación Ruta N, 2016).

6.4.2. ELECTRICARIBE, Proyecto de Medición AMI

45000 Medidores instalados con los cuales se ha controlado las posibles manipulaciones no autorizadas y logrado una disminución de pérdidas no técnicas del orden de 25 GWh. (Corporación Ruta N, 2016).

6.4.3. EPSA-Centro de Gestión de la Medida

Instalación de 9000 medidores AMR y 2000 Medidores AMI con los que se lograría una reducción de pérdidas de 5 GWh en sistemas con medidores AMR. Lo anterior evidencia que existía una debilidad regulativa, cada empresa ha ajustado las aplicaciones a sus necesidades, por lo tanto, se cuentan con diversas tecnologías y proveedores instalados en el país. Dentro de las

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

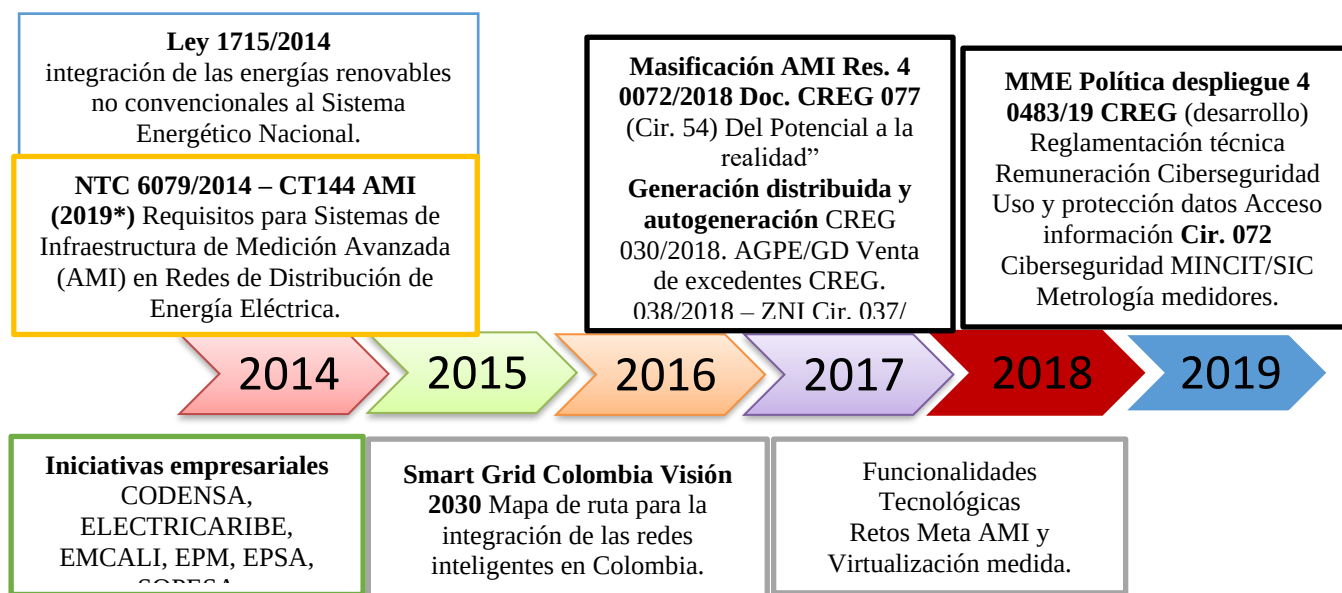
empresas que han desarrollado pilotos que apliquen esta tecnología están: EMCALI, EPM, ELECTRICARIBE, CODENSA y CEO. (Corporación Ruta N, 2016).

6.5. Desarrollo de la Tecnología AMI en Colombia

A continuación, en la figura 1 se presenta un resumen de las principales normativas, regulaciones y avances con respecto a la implementación de AMI en Colombia. Además, se refleja el recorrido de esta tecnología en los últimos siete años y que le espera en la siguiente década.

Figura 1

Evolución tecnología AMI en Colombia



Fuente: Imagen tomada de Molina, J. D. (2019). Colombia inteligente.

6.6. Organismos Multilaterales en la Energía Eléctrica

Los evidentes problemas ambientales por el mal uso de los recursos naturales y a su vez la falta de control por parte de entes gubernamentales genera que el equilibrio ambiental esté lejos de alcanzarse, conlleva así, a la incompatibilidad de los modelos económicos y el desarrollo sostenible. Dado lo anterior, países de Latinoamérica, entre ellos Colombia, trabajan de la mano

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

con entidades internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), que tiene dentro de sus objetivos apoyar por medio de estrategias específicas y la inyección de recursos económicos, proyectos relacionados con sistemas de redes eléctricas inteligentes, con el fin de disminuir los impactos ambientales que se presentan actualmente y aportar al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). (Dirección Nacional de Planeación, 2017)

Según lo expuesto, se hace necesario pensar más en sostenibilidad de los recursos naturales renovables y no renovables, disminuidos de manera exponencial por su masiva explotación, dada la satisfacción de necesidades básicas de los consumidores y el aumento de la población a nivel mundial. El hacer buen uso de los recursos, es orientarse a la preservación del medio ambiente para las futuras generaciones, que tendrán el difícil desafío de reconocer que el desarrollo económico y social, depende de los recursos naturales con que cuenten para gestionar las actividades productivas, optimizando la materia prima (recursos naturales), pero manteniendo la productividad. (Banco interamericano de Desarrollo, 2017)

Los constantes cambios en los hábitos de vida del ser humano, las mega tendencias globales (Smart cities y Smart home, Economía circular, Economía colaborativa, etc.) y un sentido cada vez más profundo de responsabilidad frente al planeta, son variables que intervienen directamente dentro del proceso de generación, comercialización, distribución y consumo de la Energía Eléctrica. Teniendo en cuenta que las naciones buscan proteger los recursos naturales y tener una energía asequible y no contaminante, se hace necesario el apoyo desde el punto de vista tecnológico, para que las organizaciones tomen decisiones basadas en registros y datos obtenidos desde la Infraestructura de Medición Avanzada AMI, como herramienta imprescindible dentro del proceso de mejora continua, por la calidad de información que se obtienen para el análisis, trazabilidad, seguimiento y control en el uso y consumo de la energía.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

6.6.1 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 2030

Según la Organización de las Naciones Unidas (2020) se parte del hecho que los países a nivel mundial, tienen conciencia de las afectaciones presentadas por el uso irracional de los recursos naturales y como medida para frenar este fenómeno adverso, las Naciones Unidas en reunión con los países miembros toman la decisión de lanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) en el año 2015, que comprende principalmente 17 grandes propósitos encaminados a mejorar las condiciones sociales, económicas y medioambientales con proyección de cumplimiento al año 2030. Es muy importante destacar, que para el planteamiento de los ODS se basaron en una encuesta realizada a más de 9 millones y medio de personas a nivel mundial, donde se exponían las grandes problemáticas de cada país y había la posibilidad de escoger las 6 más representativas, llegando luego a un consenso. Para el buen desarrollo de estos objetivos se hace imprescindible el apoyo de los entes gubernamentales nacionales e internacionales, con base en la ciencia, tecnología e innovación (CTI), debido a que tienen un papel fundamental dentro de los procesos llevados a cabo para su implementación. Colombia hace parte de los países miembros, que apuestan al cumplimiento de los ODS.

La energía se ha convertido en un eje central en el desarrollo de la industria colombiana; ya sea para la generación de empleos, el aumento de la competitividad, o el mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. El año 2015 marcó un hito significativo en el debate mundial sobre la energía, con la adopción por parte de las Naciones Unidas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), entre los que se incluye el objetivo específico de la energía (ODS 7), que aspira a garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos (Organización de las Naciones Unidas, 2020).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Sin embargo, la adopción del ODS 7 tiene lugar en una época en la que el mundo entero se enfrenta a graves diferencias en el desarrollo energético: más de 1.000 millones de personas en todo el mundo carecen de acceso a la electricidad, aproximadamente el 85% de la matriz energética mundial proviene de fuentes no renovables y el potencial para la eficiencia energética en edificios, transporte y procesos industriales sigue sin ser explorado (organización de las Naciones Unidas, 2020).

Por otra parte, es costoso para el país darle acceso al servicio de energía eléctrica a regiones apartadas mediante el sistema interconectado. Los modelos no sostenibles de producción y consumo de energía amenazan la salud y la calidad de vida, al tiempo que afectan los ecosistemas y contribuyen al cambio climático. Por lo tanto, la energía sostenible puede ser un motor en la reducción de la pobreza, progreso social, equidad, resiliencia, crecimiento económico y sostenibilidad medioambiental para los más pobres del mundo. El Plan de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) apoya al gobierno y demás instituciones en la transformación del sector energético por medio de políticas públicas, financiamiento, creación de capacidades y sensibilización. Además, promueve el uso de energías limpias y seguras, como un eje impulsor del desarrollo para las comunidades más vulnerables (Organización de las Naciones Unidas, 2020).

6.6.2. Objetivo siete (ODS 7)

Según la Organización de las Naciones Unidas (2020) para el desarrollo, los avances en temas energéticos a nivel mundial son alentadores y se está trabajando de manera significativa en el objetivo 7 de los ODS, con muestras de que la energía se está generando de manera más sostenible y de forma accesible. Los adelantos tecnológicos hacen que la energía renovable este creciendo de manera acelerada, de tal manera que el 17.5% del consumo mundial proviene de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

ésta, aportando sus beneficios en todos los países y en especial en los más pobres permitiendo que el servicio eléctrico llegue a más poblaciones. No obstante, sigue siendo un problema para más de 3000 millones de personas que utilizan combustibles contaminantes como principal fuente de energía para cocinar y suplir algunas necesidades básicas. La Organización de las Naciones Unidas (2020) afirma que Colombia tiene como reto lograr para el año 2030 las siguientes metas:

6.6.2.1. Acceso Universal a la Energía Moderna. Garantizar el acceso universal a servicios energéticos asequibles, fiables y modernos.

6.6.2.2. Aumentar el Porcentaje Global de Energía Renovable. Aumentar considerablemente la proporción de energía renovable en el conjunto de fuentes energéticas.

6.6.2.3. Duplicar la Mejora en la Eficiencia Energética. Duplicar la tasa mundial de mejora de la eficiencia energética

6.6.2.4. Invertir y Facilitar el Acceso a Investigación y Tecnología en Energía Limpia. Aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes.

6.6.2.5. Ampliar y Mejorar los Servicios Energéticos para los Países en Desarrollo. Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo.

Chavarro, Vélez, Tovar, Montenegro, Hernández y Olaya (2017) señalan que Colombia trabaja de manera permanente en los ODS y envía una revisión de manera voluntaria al Foro de Política de Alto Nivel de las Naciones Unidas, demostrando su participación. Sin embargo, los

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

resultados no son los mejores ya que basados en datos disponibles en el Informe de Desarrollo Sostenible (SDG Index – SDGi), el país mantiene en una posición intermedia con respecto a 157 países que están siendo medidos, de tal manera que ocupa la posición 84, generando preocupación por la evidente falta de inversión en ciencia, investigación, innovación y desarrollo. 26 países de Latinoamérica evaluados en el objetivo siete (Barbados, Brasil, Costa Rica, Suriname y Uruguay) presentan satisfactoriamente el umbral de cumplimiento y es otorgada esta calificación debido a la evaluación realizada de los indicadores como (Cobertura de Energía Eléctrica, Porcentaje de Capacidad instalada de fuentes renovables, Intensidad Energética, Capacidad instalada de generación de Energía Eléctrica) mostrando un cumplimiento de los mismos; entre tanto los países (Argentina, Belice, Colombia, Cuba, República Dominicana, Ecuador, El Salvador, Guyana, Panamá, Paraguay, Perú y Venezuela), muestran avances significativos pero también un desafío por delante para lograr el total cumplimiento; Por otra parte, están los países como (Bolivia, Guatemala, Haití, Honduras, Jamaica, Nicaragua y Tobago), que tienen un desempeño ineficiente por sus cortos avances presentados.

6.6.3 Nuevo Acuerdo Verde Global ONU

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible están viéndose afectados por los temas económicos que manejan las grandes potencias mundiales y la necesidad de los países en vía de desarrollo de soportar y brindar abastecimiento de recursos no renovables como (hierro, carbón, Petróleo entre otros), que son de reservas finitas. Sin embargo, si se logra una colaboración desde el ámbito político para cambiar las reglas y generar recursos económicos de tal manera que se pueda dar un impulso a las inversiones del sector público, podría tener mayor probabilidad según el Informe Sobre el Comercio y el Desarrollo 2019 (Kwame, 2020).

Con el escenario en contra de los ODS

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

plateados por la ONU 2030 y la imparable destrucción ambiental, el ICD 2019, propone un Nuevo Acuerdo Verde Global (Global Green New Deal, GGND) con el fin de desestancar la economía por medio de inversión financiada desde las entidades bancarias, logrando que el impacto en la economía de los países sea positivo y disminuyendo la degradación ambiental por medio de un desarrollo sostenible. Los estragos que presenta el Calentamiento Global y que genera afectaciones a nivel mundial, se requiere apoyar y potencializar un mayor uso de energías renovables, trabajar en todos los frentes para contrarrestar las tendencias de mal uso de recursos, inversiones en infraestructura pública y mejores condiciones laborales. Los países en vía de desarrollo tienen un panorama un poco más alentador con relación a la economía proyectada por ICD 2019, sin embargo, se plantea un beneficio para todos desde el punto de vista ambiental y soportados por el apoyo que presentan los Bancos de Desarrollo a los diferentes países para inversiones internas de sostenibilidad (Kwame, 2020).

6.7. Contexto de la Innovación en el Siglo XXI

El manejo de la información, análisis de bases de datos, la implementación de herramientas tecnológicas para la producción de bienes y/o servicios y una correcta lectura de las características y expectativas de los clientes a través de sistemas de información que analizan su consumo; han sido aspectos fundamentales que han marcado el crecimiento económico y la revolución industrial durante el siglo XXI; el sector energético no ha sido ajeno a estas variables y a partir del 2005 existen nuevos conceptos y esquemas en la prestación del servicio, que han ido introduciéndose paulatinamente en los mercados asiáticos, europeos, norteamericanos e incipientemente Latinoamericanos.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

6.7.1. Smart Grid o Red Inteligente

Actualmente no existe una única definición que contenga en su totalidad el concepto de Red Inteligente (RI); el continuo avance tecnológico trae consigo la aparición de nuevas aplicaciones y funcionalidades que hacen que este concepto esté en constante evolución. Diversas instituciones de referencia para el sector eléctrico proponen definiciones en las que destacan de forma general, la participación de las Tecnologías de Información y Comunicaciones (TIC) como el medio integrador de todos los dominios del sistema eléctrico y el catalizador de los beneficios que estas tecnologías representan para el sistema, en lo relacionado con mejoras en la fiabilidad, calidad y eficiencia del servicio. Según Smart Grid Colombia Visión 2030 (2016) los planteamientos de Electric Power Research Institute (EPRI) y el Smart Grid European Technology Platform (ETP SG) son:

- EPRI (Electric Power Research Institute) define Smart Grid como una red que incorpora las tecnologías de la información y comunicación en cada aspecto de la generación, suministro y consumo de electricidad, con el objetivo de minimizar el impacto medioambiental, mejorar los mercados, mejorar la fiabilidad y el servicio, reducir costos y aumentar la eficiencia
- ETP SG (Smart Grid European Technology Platform) afirma que la red integra de forma inteligente las acciones de todos los usuarios conectados a ella –generadores, consumidores y aquellos que son ambas cosas- para suministrar electricidad de forma eficiente, sostenible, económica y segura.

6.7.2. Infraestructura de Medición Avanzada (AMI)

Las aplicaciones de las RI necesitan información sobre el estado de la red, los consumidores y los generadores. La infraestructura de medida, junto con una red de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

comunicaciones adecuada, proporciona a la RI la información necesaria para la toma de decisiones y los medios adecuados para el envío y recepción de órdenes y consignas. La AMI incluye elementos de medida que informan del estado de la red, (en subestación, centro de transformación o de reparto, transformadores, entre otros), como a los Contadores Inteligentes (CI) instalados a nivel de usuario. Este último elemento, el CI, aporta nuevas funcionalidades que favorecen la comunicación desde el operador de red hasta el usuario, pasando por los agentes intermedios necesarios (comercializadoras, empresas de servicios energéticos, gestores de recarga del Voltaje Eléctrico), y permitiendo la participación activa del usuario en el mercado eléctrico. Según Smart Grids Colombia Visión 2030 (2016) las funcionalidades consideradas para esta tecnología son las siguientes:

6.7.2.1. Lectura y Operación Remota. Contribuye al ahorro de costes de operación al no ser necesario el desplazamiento de personal de la compañía. Asimismo, permite a los Operadores de Red (OR) disponer de monitorización de los flujos de potencia en sus redes.

6.7.2.2. Limitación de Potencia de Forma Remota. Permite a los OR la reducción de costes de operación y, a los usuarios, disminuir su factura ya que pueden solicitar cambios de potencia contratada de manera más ágil, ajustando la misma a sus necesidades reales.

6.7.2.3. Detección de Manipulación de los Contadores y Aviso a Compañía. Supone una valiosa herramienta para la reducción de las pérdidas no técnicas, no solo por el hecho de detectar las manipulaciones sino también por el efecto disuasorio que origina el control externo realizado por parte del operador.

6.7.2.4. Información al Usuario. Los contadores inteligentes (CI) van a permitir que el usuario disponga de toda la información relativa a su consumo en tiempo real, ya sea directamente en el CI o en un portal Web (información de tarifas, información de su consumo

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

puntual y acumulado para periodos prefijados, saldo disponible, modalidad prepaga, etc.). El usuario va a conocer su perfil de consumo y va a poder calcular los ahorros que le supondría un cambio en sus hábitos.

6.7.2.5. Tarificación Horaria. Esta funcionalidad supone la implementación de distintos tramos horarios de facturación en los CI, de manera que los precios se ajusten y tengan cierta proporcionalidad al costo real de la energía en cada momento. Permitirá fomentar que los usuarios modifiquen sus hábitos de consumo, desplazando carga de períodos pico a periodos valle de la curva de consumo.

6.7.2.6. Medida de Generación Distribuida. La conexión a la generación distribuida en baja tensión (en las instalaciones del usuario) requiere que los CI dispongan tanto de la capacidad de medida de la energía entrante como de la saliente, para usuarios que actúen como consumidores y/o generadores de energía.

6.7.2.7. Gestión Activa de Cargas. Posibilidad de conectar o desconectar cargas gestionables en los momentos más convenientes según la curva de demanda. Esta funcionalidad puede suponer una contribución importante para el aplanamiento de la curva de demanda y para la integración de la generación distribuida, lo que reducirá la necesidad de instalar nuevos sistemas de generación.

6.7.3. Red de Transporte

Energía Eficiente (2009) indica que la red tiene por objeto transportar la energía eléctrica producida por las centrales de generación a las áreas de distribución. Las grandes centrales de energía por lo general se encuentran ubicadas en lugares alejados de las áreas de distribución, debido a que los recursos naturales que se requieren para la producción de la energía no son de fácil acceso en lugares urbanos, por lo que es esencial contar con una red de distribución

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

adecuada y que disponga de una capacidad para transportar la energía necesaria y requerida por las áreas de distribución con el fin de lograr que los usuarios finales cuenten con el recurso en cantidad, tiempo y lugar requerido.

La red de transporte permite movilizar energía trifásica y en alta tensión, típicamente a 220 a 400 kV (en menor medida 132 kV), a efectos de reducir las pérdidas de energía en el propio transporte, y está adecuadamente mallada, de tal forma que la energía puede desplazarse de las zonas de generación a cualquier área de distribución (Energía Eficiente, 2009).

6.7.4 Redes de Distribución

Energía Eficiente (2009) definen las redes de distribución como aquellas que poseen las empresas distribuidoras de energía y permiten llevar la electricidad hasta el consumidor final. Las redes de distribución obtienen su energía eléctrica a través de sus conexiones con la red de transporte, mediante subestaciones que cuentan con equipos para transformar la energía de alta tensión a media tensión.

Como todo circuito eléctrico, estas redes, tienen límites físicos para el transporte y carga soportada los cuales vienen establecidos por la corriente máxima que admiten los conductores. Si por temas de ampliación de la demanda, crece el consumo, la correspondiente red de distribución habrá de reforzarse y/o ampliarse teniendo en cuenta los diferentes cálculos de ingeniería requeridos para soportar la carga. Al ser la energía eléctrica un servicio público domiciliario, de interés general e inherente a la función del Estado. es de deber de Éste, diseñar los mecanismos más adecuados para la operación del mercado, garantizando el marco regulatorio y normativo que permita la fácil interacción de los agentes brindando condiciones óptimas de libre competencia, donde se establezcan las reglas de juego, los deberes, derechos, condiciones

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

mínimas de calidad y continuidad con que deben contar los usuarios finales (Energía Eficiente, 2009).

Las actividades de generación, transmisión, distribución y comercialización en el mercado Eléctrico Colombiano están vigiladas, inspeccionadas y controladas por la Superintendencia de servicios públicos domiciliarios, organismo facultado por la misma constitución de 1991 para tal fin. La Comisión de Regulación de Energía y Gas es la institución encargada de regular la operación técnica y comercial del negocio (Energía Eficiente, 2009).

6.7.5. Contratación en el Mercado Regulado

Para obtener el servicio de energía dentro de los hogares o centros empresariales en Colombia, se debe contar con un contrato de suministro de energía eléctrica en el mercado regulado, el cual es denominado contrato de prestación de servicios públicos domiciliarios con condiciones uniformes y consiste en el acuerdo de voluntades concertado entre un consumidor y una empresa distribuidora que cuenta con el recurso y la infraestructura necesaria para suministrar energía eléctrica por medio de las redes de distribución. Por lo tanto, la empresa prestadora debe brindar un servicio continuo de tal manera que el consumidor como contraprestación principal, paga a la distribuidora, en el plazo establecido, el consumo verificado durante el periodo de facturación, el cual debe estar aprobado oficialmente (Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, 2014).

6.7.6. Almacenamiento de Energía

Endesa (2017) afirma que dentro de los avances y desarrollos tecnológicos se destaca la importancia de crear elementos que almacenan la energía por tiempo determinado, y que permiten transportarla y utilizarla eficientemente en el campo que se requiera. Este almacenamiento permite reducir el crecimiento sistemático de la electricidad. No es para nada

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

eficiente aumentar la potencia instalada con el fin de soportar periodos de consumo muy altos que sin lugar a dudas no son constantes y que al final generan sobrecostos por la infraestructura requerida e instalada, por ello es más eficiente almacenar energía en periodos con sobre generación para ser usada en períodos de mayor demanda. Por lo tanto, el desafío es continuar con el desarrollo de las diferentes tecnologías de almacenamiento de energía cada vez más sencillas, económicas y efectivas, buscando los medios necesarios que permitan manejar la energía de manera limpia y responsable.

6.7.7. Derechos de los Consumidores de Energía

La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2014) indica que cuando se asume el rol de consumidor se tiene derecho a recibir toda la información relacionada con el producto o servicio que requiere, como se describe a continuación.

- El usuario tiene derecho a que la empresa distribuidora de energía eléctrica le informe y asesore respecto a las condiciones del contrato.
- Aclaraciones con relación a las diferentes tarifas que manejan y según el requerimiento del consumidor cuál de ellas resulta más adecuada.
- El consumidor tenga los argumentos necesarios e información requerida al momento de tomar la decisión con respecto a la cantidad y potencia requerida de energía para su uso interno dentro de la empresa u hogar con el fin de preservar sus bienes.

6.7.8. Contador de Energía Activa

Casellas, Velasco, Guinjoan y Pique (2010) señalan que contando con los servicios de energía eléctrica, prestados por una empresa que cumple con los requerimientos normativos y técnicos, el consumidor entra en la necesidad de medir la cantidad del recurso que está consumiendo, teniendo en cuenta que la energía es un servicio que tiene un valor considerable

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

para los hogares y empresas, generando la necesidad de controlar su gasto y para ello se emplean los contadores de energía activa, que son los aparatos destinados a la medición de la energía que consume una carga. Dicho en otras palabras, permiten conocer en tiempo real, el consumo que se tiene de la energía y en qué momento es donde el consumo aumenta para poder ser controlado. Además, son de obligatorio uso en toda clase de establecimiento que requieran el uso de energía eléctrica, con el fin que las empresas prestadoras del servicio puedan facturar la cantidad utilizada de forma justa y equitativa.

6.7.9. Sistemas Avanzados de Medida

Casellas et al. (2010) afirman que los contadores avanzados son aparatos de medida digital. Su implementación ha generado polémica en los diferentes países donde han sido instalados, debido a que existe la percepción que beneficia a las empresas prestadoras del servicio y no aporta grandes ventajas al consumidor, sin embargo, el uso de estos nuevos contadores proporcionan lecturas más eficientes y a distancia, ayudan a crear hábitos de consumo responsable por medio de información que está relacionada con sobretensiones en horarios pico; temas muy importantes que no era posible detectar con el contador antiguo.

Se aclara que en su mayoría son beneficios los que se obtienen a través de la implementación de este tipo de contadores, ya que reducen el costo de los operarios, se facilita a la hora de realizar un corte de luz por tener la facilidad de hacerlo de forma remota y se controla de mejor manera el fraude. Típicamente el error cometido en la medición digital es aproximadamente del 0.8%, mientras que en los aparatos análogos puede llegar a ser hasta del 2%, indicador que muestra a las empresas un porcentaje mayor de asertividad. La lectura de los contadores avanzados puede efectuarse a distancia, en contraste con la lectura presencial de los contadores tradicionales. (Casellas et al. 2010)

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

La lectura automática elimina posibles errores humanos y facilita medidas simultáneas de los contadores a las compañías encargadas de la facturación y deben contar con los siguientes elementos:

- Un medidor digital.
- Un sistema de comunicaciones que envía las medias desde el medidor hacia el concentrador y viceversa.
- Un sistema de almacenamiento y procesamiento de datos. Casellas et al. (2010)

6.8. Normatividad y Regulación

El sector energético tanto a nivel mundial, como a nivel país se ha constituido en un reglón importante al contribuir directamente con el crecimiento de la economía, el desarrollo de la industria, la mejora de la calidad de vida y los índices de competitividad. la energía eléctrica juega un papel importante dentro del quehacer diario de los hogares y se convierte en un recurso vital para el funcionamiento de la mayor parte de los electrodomésticos y la realización de tareas cotidianas.

En el territorio nacional, se han planteado reformas que están plasmadas en la Constitución Política de Colombia (1991) en el artículo 365 establece que: “Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del estado. Es deber del estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional” (p. 204).

Según Moguillansky y Bielschowsky (2000) se debe tener presente que el Estado tiene la facultad de regular, vigilar y controlar las diferentes empresas, junto con el servicio prestado, debido a que el gobierno brindó la concepción, donde empresas con inversionistas privados estén en la potestad de prestar el servicio de energía dentro del territorio nacional. Por otra parte, es importante tener claro que todos los servicios públicos están sometidos a un régimen jurídico que

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

fija la ley y que pueden ser prestados por el Estado, comunidades organizadas o por particulares. La reforma implementada en el país está basada en diferentes modelos que habían sido utilizados en toda Latinoamérica desde 1980, buscando liberar la industria, introducir la sana competencia y mejorar la eficiencia, pero siempre protegiendo al consumidor final. (Silva José y Gómez José, año 2008).

Se pretendía con estos cambios, alcanzar objetivos importantes, como mejorar la calidad del servicio prestado, una mayor cobertura y tener mejores costos a través de un esquema tarifario que hiciera la industria sostenible. análisis del sector eléctrico, Por otra parte, existe dentro de la reforma un artículo importante para el consumidor que permitiendo al gobierno mantenga total control sobre las fórmulas tarifarias por la prestación del servicio de energía, desde este punto la Constitución Política de Colombia (1991) indica en el artículo 367 que:

La ley fijará las competencias y responsabilidades relativas a la prestación de los servicios públicos domiciliarios, su cobertura, calidad y financiación, y el régimen tarifario que tendrá en cuenta además de los criterios de costos, los de solidaridad y redistribución de ingresos (p. 204).

Cabe resaltar que la reforma permite que el servicio sea prestado directamente por cada municipio siempre y cuando cumpla con los estándares de calidad, cobertura y características técnicas. Dentro de las disposiciones que maneja el Congreso de la República de Colombia, está determinar el régimen jurídico de los servicios públicos y también las entidades competentes para fijar las tarifas, de aquí que se expidieron dos leyes fundamentales que cimentaron la reforma del sector eléctrico colombiano que son la Ley 142 de 1994 o Ley de servicios públicos domiciliarios y la Ley 143 de 1994 o Ley eléctrica, estas leyes se constituyeron en la columna vertebral al establecer el régimen de los servicios públicos domiciliarios; en cada uno de sus

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

capítulos se fijan las relaciones entre prestadores y usuarios, deberes y derechos y se fijan las condiciones mínimas y herramientas requeridas para la prestación del servicio. y son de estricto cumplimiento para las empresas que se dedican a ofertar dicho servicio.

Con estas leyes se fundamentó la reforma eléctrica y se establecieron los pilares para organizar la industria y regularizar los diferentes componentes dentro del mercado. Las condiciones para el control de funcionamiento de los medidores de energía eléctrica, deben estar regulados por los siguientes acuerdos:

- El Congreso de la República de Colombia expidió la Ley 142 de (1994) en el artículo 145 señala las condiciones uniformes del contrato que permite a la empresa como al suscriptor o usuario verificar el estado de los instrumentos que se utilicen para medir el consumo; y obligarán a ambos a adoptar precauciones eficaces para que no se alteren. Se permitirá a la empresa, inclusive, retirar temporalmente los instrumentos de medida para verificar su estado.
- El Congreso de la República de Colombia profirió la Ley 142 de (1994) en el artículo 144 establece que:

No será obligación del suscriptor o usuario cerciorarse de que los medidores funcionen en forma adecuada; pero sí será obligación suya hacerlos reparar o reemplazarlos, a satisfacción de la empresa, cuando se establezca que el funcionamiento no permite determinar en forma adecuada los consumos, o cuando el desarrollo tecnológico ponga a su disposición instrumentos de medida más precisos. Cuando el usuario o suscriptor, pasado un período de facturación, no tome las acciones necesarias para reparar o reemplazar los medidores, la empresa podrá hacerlo por cuenta del usuario o suscriptor (p. 60).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

- Cuando el equipo de medida sea suministrado por la empresa, ésta deberá asumir la garantía de buen funcionamiento de dicho equipo por un período no inferior al que establezcan las normas sobre la materia o las que otorgue el fabricante de estos bienes.

El Congreso de la República de Colombia emitió la Ley 142 de (1994) en el artículo 146 indica que:

La empresa y el suscriptor o usuario tienen derecho a que los consumos se midan; a que se empleen para ello, los instrumentos de medida requeridos y homologados; siendo el consumo el elemento principal del precio que se cobre al suscriptor o usuario. Cuando, sin acción u omisión de las partes, durante un período no sea posible medir razonablemente con instrumentos los consumos, su valor podrá establecerse, según dispongan los contratos uniformes, con base en consumos promedios de otros períodos del mismo suscriptor o usuario, o también en los consumos promedios de suscriptores o usuarios que estén en circunstancias similares, o con base en aforos individuales (p. 61).

6.8.1. Norma Técnica Colombiana (NTC) 6079 de 2014

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2015) afirma que la aplica para los equipos y sistemas que conforman la medida de energía eléctrica de corriente alterna para sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) que incluyen entre otras funcionalidades AMR (Lectura Automática de Medidores), gestión de alarmas y gestión de conexión y desconexión del servicio en forma remota. Aplica a unidades de medida para usos interiores o exteriores, en configuración individual o concentrada con medidores monocuerpo o bicuerpo. Asimismo, para medidores monofásicos, bifásicos y trifásicos. De igual manera, aplica para medida directa, semidirecta e indirecta. La figura 2, refleja una estructura jerárquica de la normatividad y regulación en Colombia partiendo de la Constitución Política como ley superior,

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

y reflejando la importancia de las Leyes 142 y 143 de 1994 para el sector energético.

Posteriormente, vienen los decretos y resoluciones expedidos anualmente por las entidades competentes (Ver figura 2).

Figura 2

Estructura normativa y regulatoria sector energético en Colombia



Fuente: Elaboración propia de los autores.

6.9 Objetivos de Colombia en Materia Energética

Para abordar los objetivos de Colombia en materia energética, se tomaron como referentes las propuestas presentadas por la UPME y la iniciativa Colombia Inteligente. La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2015) ha estructurado el Plan Energético Nacional (PEN): Ideario Energético 2050, con base en un objetivo principal: lograr el abastecimiento interno y externo de energía y minería de manera eficiente con el mínimo impacto ambiental y generando valor para las regiones y poblaciones. Con el fin de llevar a feliz término este objetivo general, la

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

UPME esboza cinco objetivos específicos y dos objetivos transversales: los objetivos específicos han sido determinados dentro del contexto de la oferta energética, la demanda, la universalización, las interconexiones internacionales y la generación de valor alrededor del sector energético, para la consolidación de una Colombia productiva, formal, eficiente, competitiva y de oportunidades; modulando los objetivos específicos, se identifican los transversales, los cuales fueron planteados atendiendo a la necesidad de contar con conocimiento, información, recurso humano, e innovación para la implementación de la energía nacional y el ordenamiento territorial, ambiental y legal.

6.10. Antecedentes de Teorías de Desarrollo Económico

Arcos (2008) manifiesta que, durante la historia, la ansiedad por el desarrollo económico ha sido inquebrantable para los numerosos estudiosos y la sociedad en su conjunto, pero hasta el siglo XX se contempla por primera vez desde una perspectiva multidisciplinar. Primero, se da la necesidad de un salto cuantitativo en el desarrollo de los países del tercer mundo.

A continuación, se compilan las principales teorías económicas que contemplan el concepto de desarrollo a lo largo de los últimos tres siglos (Ver tabla 2).

Tabla 2

Principales teorías económicas

Escuela	Postulados
Mercantilismo	El aumento de la riqueza nacional se consigue a través de superávits comerciales
Fisiócrata	El origen de la riqueza se encuentra en la agricultura
Economía Clásica	La riqueza reposa en la acumulación de factores de producción que serán restringidos Existencia del estado estacionario No intervencionismo

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Economía Neoclásica	Sin barreras que frenan la movilidad de los factores, se conseguirá al equilibrio de la renta y de la producción y, como consecuencia de ello, al pleno empleo.
Economía Keynesiana	Mediante un aumento en los componentes de la demanda agregada se puede acrecentar más que proporcionalmente la renta.
Teoría de la Modernización	Apuestan por la exportación del modelo de desarrollo de los países occidentales para solucionar los círculos viciosos existentes en los países subdesarrollados que impide que se produzca el “despegue”
Teoría Estructuralista	El subdesarrollo es debido al modelo de división internacional del trabajo vigente
Teoría Neoliberal	Circunspección del mercado como el mecanismo más eficaz de concesión de recursos. Se inclina por la liberalización internacional del comercio
Teorías Alternativas de Desarrollo	Representación multidisciplinar del desarrollo. Se apuesta por la implicación de las instituciones de la economía
Economía Ecológica	Acentúa la imposibilidad de conservar un crecimiento exponencial ante el impedimento de sustitución perfecta de los recursos naturales
Economía Ambiental	Discurren la posibilidad de sustituir recursos naturales por tecnología y plantean técnicas para contabilizar dichos recursos naturales e introducirlos en los modelos económicos.

Fuente: Tabla tomada de Arcos, O. (2008). Teorías y enfoques del desarrollo. (1ª. ed.). Escuela Superior de Administración Pública.

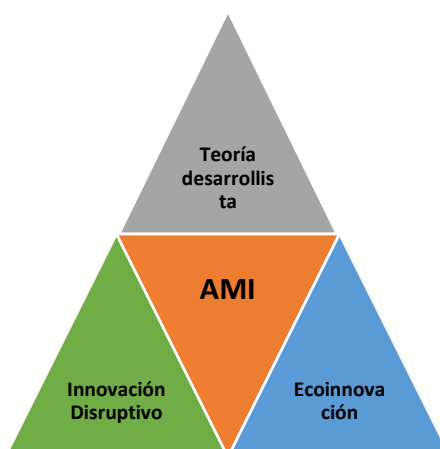
IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

6.11. Planteamientos Administrativos

A continuación, en la figura 3 se ilustra de manera triangular para evidenciar el enfoque teórico de la investigación y los pensamientos administrativos que aportan conceptualmente como base al desarrollo del estudio.

Figura 3

Planteamientos administrativos



Fuente: Elaboración propia de los autores.

6.11.1. Teoría Desarrollista. La teoría desarrollista, propuesta en un comienzo por Raúl Prebisch en el año de 1949 en el marco de lo que atravesaba el contexto Latinoamericano y desarrollada para la CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y posteriormente desarrollada a profundidad por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (2020) se ha venido aislando de la visión meramente economicista, para instituir una clara subordinación del crecimiento económico, a los objetivos del desarrollo, donde el crecimiento económico no debe ser el fin de las políticas de los países, sino el medio, que facilite el desarrollo de los seres humanos. con una política adecuada, la incorporación de nuevas tecnologías y la mejora del capital humano, se puede conseguir, que la protección del medio ambiente no tenga costos agregados, en términos de crecimiento y empleo, en el corto plazo.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Igualmente, la protección del medio ambiente se convierte en un argumento, para potenciar los procesos de liberación y el incremento de la competencia, en los mercados de productos y de capitales, así como, la flexibilización del mercado de trabajo, procurando con ello, que las próximas generaciones vivan en un mundo de continuo crecimiento, cuyo desarrollo económico, se dé en un ambiente intacto, con calidad de vida y cohesión social.

Uno de los principales defensores de esta teoría es el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2020), donde argumentó a principios de los años ochenta, que la causa de la pobreza no radica en la no disponibilidad de recursos suficientes sino en su falta de accesibilidad. Con ello, mostraba una visión optimista acerca de la posibilidad de agotamiento de los recursos naturales, desechando la idea de que no existan recursos suficientes para satisfacer las necesidades de la población mundial, postura que con el pasar de los años se comprobó que no era del todo cierta. Se observa claramente, que la sostenibilidad, es un determinante central del tipo de desarrollo que el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) se propuso fomentar desde su creación, pues proporciona beneficios económicos y sociales duraderos. Ahora bien, para lograr los objetivos generales del BID en cuanto a catalizar crecimiento económico, reducir la pobreza y promover la equidad social, se requiere actuar de acuerdo con los principios de la sostenibilidad. El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (2020) reconoce tres dimensiones de la sostenibilidad:

6.11.1.1. Sostenibilidad Económica. Se hace énfasis a aquel desarrollo económico, que se traduce en aumentos de largo plazo del bienestar financiero, y la estabilidad económica, tanto a nivel de las empresas como de los hogares. (Programa de las Naciones Unidas, 2020)

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

6.11.1.2. Sostenibilidad Ambiental. Reúne aquellas acciones humanas, que mantienen la capacidad de los ecosistemas, para producir el rango de bienes y servicios de los cuales dependen todas las formas de vida. (Programa de las Naciones Unidas, 2020)

6.11.1.3. Sostenibilidad Social. Se relaciona con el desarrollo, que conduce a un mayor acceso e igualdad social, respeto de los derechos humanos, mejoras en materia de salud, educación, oportunidades y otros aspectos no monetarios del bienestar. Además de destacar estas tres dimensiones de la sostenibilidad internacionalmente reconocidas, el BID considera, que la rendición de cuentas, la transparencia y la integridad son comportamientos institucionales complementarios y esenciales para garantizar su permanencia a largo plazo en América Latina y el Caribe. (Programa de las Naciones Unidas, 2020)

De lo anterior se desprende que el Desarrollo Humano, es un concepto holístico, dado que abarca múltiples dimensiones, entendiendo que es resultado de un proceso complejo que incorpora factores sociales, económicos, demográficos, políticos, ambientales y culturales, en el cual participan de manera activa y comprometida los diferentes actores sociales; siendo el producto de voluntades y corresponsabilidades sociales, soportado sobre cuatro pilares fundamentales: productividad, equidad, sostenibilidad y potenciación. De esta manera, se trae a colación la definición del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (2020) que determina que el Desarrollo Humano, no es una medida de bienestar, ni tampoco de felicidad, es en cambio una medida de potenciación, que propicia las oportunidades para las futuras generaciones, basado en el respeto del ambiente.

6.11.2. Ecoinnovación. En un entorno donde los diferentes organismos a nivel mundial buscan la manera de mejorar su economía y propenden por tener sistemas productivos y de consumo más verdes desde el punto de vista ecológico, surge la ecoinnovación como

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

herramienta que tiene los lineamientos necesarios para poder aportar a ese cambio. (Comisión Europea, 2011)

Según Rovira, Patiño y Schaper (2017) la ecoinnovación presenta tres razones fundamentales con el fin de ser tenida en cuenta para lograr una economía más competitiva y de resultados sostenibles como parte fundamental: con la misma cantidad de recursos, genera mayor productividad utilizando menor cantidad de energía, reduce el impacto ambiental por utilizar menos recursos naturales, generando menor contaminación y, genera la necesidad de nuevos productos y servicios, traducido en generación de empleos y emprendimientos.

Realizando una revisión literaria se evidencia que se han presentado diferentes conceptos relacionados al tema de innovación y su impacto con los temas ambientales, sin embargo, la mayor parte de estos conceptos comparten las mismas características siendo utilizados indistintamente, pero la ecoinnovación se caracteriza por utilizar el enfoque de ciclo de vida en su análisis sobre el impacto ambiental. También referencialmente ha crecido y es utilizado para connotar los temas que se relacionan con las empresas y sus impactos ambientales (Rovira et al., 2017) (Ver tabla 3).

Tabla 3

Conceptos de ecoinnovación

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

AÑO	AUTOR	DEFINICIÓN
1996	Fussler y James	Nuevos productos y procesos que proporcionan valor al consumidor y a la empresa y que reducen significativamente los impactos ambientales.
2000	Rennings	Proceso, técnicas, prácticas, sistemas y productos nuevos o modificados, destinados a prevenir o reducir el daño ambiental.
2007	Kuehne	Es aquel tipo de innovación destinada a medir, evitar, limitar minimizar o corregir daños medioambientales en los recursos naturales así como en asuntos relacionados con residuos, ruidos e impactos sobre ecosistemas.
2008	Foxon y Pearson	Es aquella dirigida hacia sistemas tecnológicos e institucionales donde el uso de recursos y de producción de residuos se mantiene dentro de los límites ambientales pre-establecidos.
2010	Observatorio de ecoinnovación de la Unión Europea	Introducción de cualquier producto nuevo o significativamente mejorado (bien o servicio), proceso, cambio organizativo o solución de marketing, que reduce el uso de recursos naturales (incluidos los materiales, energía, agua y tierra).

Fuente: Tabla tomada de Rovir, S., Patiño, J. y Schaper, M. (2017). Ecoinnovación y producción verde Una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Debido a que no se tiene una definición única del concepto de la ecoinnovación, se presta la anterior tabla, donde se exponen los pensamientos de algunos investigadores acerca del término en cuestión. Con relación a los conceptos presentados en la tabla 3, se concluye que la ecoinnovación tiene como principal objetivo la preservación del ambiente y que toma en cuenta para cumplirlo todos los temas de producción, fabricación, materias primas, residuos y ciclo de vida de los productos. Bajo este contexto la ecoinnovación surge como un instrumento relevante para la producción verde con varios tipos en función de su objetivo (Rovira et al., 2017).

6.11.2.1. Ecoinnovación de Procesos. Es como se logra realizar cambios en los métodos de producción buscando disminuir los recursos utilizados como (energía, materias primas etc.), por medio de variaciones en los dispositivos que se emplean para el control y con el apoyo de ayudas tecnológicas donde se maneja un bajo riesgo con un potencial ahorro de los costos, evidenciados principalmente por la disminución de materia prima requerida para la generación del producto

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

final. La ecoinnovación está encaminada a contrarrestar el impacto ambiental, generado en todos los procesos productivos, que interviene en la generación de un producto o servicio desde la cadena de suministros (por ejemplo, trabajando para optimizar tiempos, minimizar distancias y demás.) como también la importancia de la modernización de la maquinaria empleada y manejo de software de última tecnología, enfocado en la mejora de la eficiencia y la productividad ambientales. El proceso productivo en mayor o menor medida, generan impactos ambientales negativos y la ecoinnovación trabaja directamente en la adopción de sustancias inocuas y menos perjudiciales, buscando la disminución de CO₂ apoyada en temas de prevención y tecnologías limpias ambientales (Rovira et al., 2017).

6.11.2.2. Ecoinnovación de Producto. Los nuevos productos y servicios que ingresan al mercado deberían contar con estudios básicos de investigación y desarrollo, encaminados a la disminución del impacto ambiental, dado las mejoras en los materiales que se emplean para su fabricación y la posibilidad de unirlos con la informática integrada, características esenciales para poder definir estos productos o servicios como ecoinnovadores. (Kemp y Pearson, 2007).

Es importante tener bien definida la etapa de diseño de los productos, buscando contribuir a los objetivos de reducción de agentes contaminantes, durante todo su ciclo de vida ya que con esto logramos reducir en un 80% al impacto ambiental que puede llegar a generar (Vázquez y Vidal, 2012) y por ello durante la fase de diseño de un bien, ya sea producto o servicio, es el momento ideal para integrar los avances tecnológicos que sean compatibles y generen valor desde el punto de vista ambiental, aportando de esta manera a los ODS que están planteados por la ONU. Durante la fabricación de productos se busca la utilización mínima de recursos naturales no renovables y potencializar el uso de recursos renovables, como es el caso de la energía (solar, eólica, biomasa), a

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

su vez la utilización de materias de bajo impacto para el ambiente y la generación de la mínima cantidad de residuos, como también la reutilización de los mismos (Rovira et al., 2017).

6.11.2.3. Ecoinnovación Social. Según Rovira et al., (2017) está directamente relacionada a los hábitos de consumo y la cantidad de demanda de productos y servicios ecológicos, que los usuarios requieren del mercado y que hacen parte de su estilo de vida. Dentro de esta parte, también se contemplan los aportes que tiene las TIC para lograr cambios que se encaminan a la disminución de consumo sin necesidad de reducir su calidad de vida y por ende el bienestar social del individuo dentro de la sociedad. En la figura 4 se muestra una relación directa entre la ecoinnovación y la implementación de la tecnología AMI en la industria, permitiendo entender que su aplicación dentro de un proyecto, se verá reflejado en mejoras a nivel operativo, ambiental y social; logrando un complemento necesario en la adopción de nuevas tecnologías.

Figura 4

Relación entre la ecoinnovación y AMI



Fuente: Elaboración propia de los autores.

6.11.3. Innovación Disruptiva. Este término se introdujo en la comunidad científica con el libro *The innovators* en el que se desarrolla la idea de cómo un producto que originalmente nace como una tecnología residual o marginal sin mucho público puede convertirse en poco tiempo en un producto o servicio líder del mercado. Este libro, tremendamente recomendable, incluye todas las pistas necesarias para identificar las claves de la innovación disruptiva. Según

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Díaz (2019) de acuerdo a la teoría de Clayton una innovación disruptiva es aquella en la cual se utilizan tecnologías sofisticadas para transformar un servicio o un producto que es complicado y caro en algo simple y económico. No es una mejora innovadora en la manera ya conocida de hacer las cosas, sino que las modifica haciéndolas más simples y baratas. La innovación disruptiva es un proceso en el cual, tecnologías que ostentan un conjunto de atributos muy diferente a los históricamente valorados por los clientes tradicionales, brindan un rendimiento básico con respecto a las métricas de desempeño que estos clientes valoran, por lo que resulta poco atractiva dentro del mercado establecido. Sin embargo, estos otros atributos con frecuencia simplicidad, conveniencia y bajo costo tienden a ser valorados en nuevos mercados. Durante este proceso, las tecnologías disruptivas tienden a realizar innovaciones sostenidas, las cuales tienden a mejorar en la dimensión valorada por los clientes del mercado principal hasta interceptar la trayectoria de desempeño requerida por estos clientes.

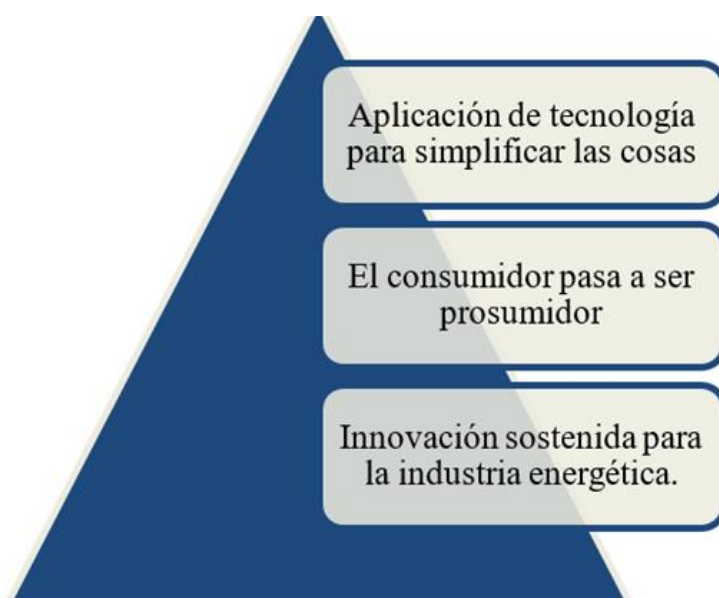
Meiter (2019) señala que la industria energética está pasando por un momento único en todo el mundo. Se trata de un proceso de cambio, en el que los recursos convencionales eran esencialmente el agua, alimentos, gas y el petróleo, gracias al avance tecnológico hoy se puede recurrir a nuevas fuentes para generar energía tales como el Sol, el Hidrógeno, el viento, y muchas otros elementos, que hacen posible la electro movilidad y llevar a la práctica los sistemas de energía distribuida, en donde un consumidor de energía se puede convertir en lo que se conoce hoy como prosumidores, es decir personas y empresas que aportan su energía generada a la red. Así es como estamos ante las llamadas energías renovables, que se caracterizan por no utilizar combustibles fósiles sino recursos disponibles de forma ilimitada pero intermitente, es por ello y hasta que sea derribada la barrera tecnológica de la acumulación, se necesitará un respaldo térmico de back up. El avance por parte de las corporaciones de cara al uso de las

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

energías renovables es muy veloz debido a muchos motivos, entre ellos, que su impacto ambiental es de menor magnitud dado que además de no emplear recursos finitos, no generan contaminantes. En simultáneo, permite diversificar una matriz energética no tan dependiente de los hidrocarburos fósiles, y desarrollar las economías regionales, entre otros beneficios. En este contexto, está claro que para la industria de los hidrocarburos convencionales este cambio radical es un gran desafío que debe ser abordado cuanto antes, y en este proceso, el gas natural se posiciona como un combustible de transición entre las energías convencionales y renovables. En síntesis, las firmas de esta industria deberían tener una visión a largo plazo para poder adaptarse con éxito a la nueva era energética que se enmarca en la cuarta revolución industrial que ya estamos atravesando. En la figura 5 se presentan los tres principales aportes de la innovación disruptiva con relación al tema de implementación de la tecnología AMI dentro de la industria energética.

Figura 5

Relación entre la innovación disruptiva y AMI



Fuente: Elaboración propia de los autores.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

7. Metodología

En concordancia con el objetivo principal de esta investigación el cual, es diseñar una propuesta para la implementación de Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en el municipio de Villavicencio Colombia aportando a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y abordando los objetivos específicos y su alcance, este trabajo se enmarca en una investigación cualitativa, con un alcance comparativo y descriptivo. Inicialmente, es necesario abordar, la importancia de la investigación cualitativa, en la cual el investigador se involucra personalmente en el proceso de acopio, por ende, es parte del proceso de recolección de información.

Hernández, Fernández y Baptista (2014) afirman que la investigación cualitativa es una herramienta que proporciona información detallada y profunda de una situación o tema de investigación permitiendo tener la bases para resolver un problema, se entiende la necesidad de obtener información de experiencias relacionadas al tema de estudio. La investigación cualitativa, presenta un desarrollo particular en la forma como se van planteando las preguntas, debido a posibilidad de realizarlas en todo momento y a su vez pueden ser variadas dentro del trabajo, mediante la recolección y análisis de la información, generando una herramienta muy útil a la hora de definir la pregunta más importante para el tema tratado y así poder definirla en su contexto, para dar la mejor solución a lo expuesto dentro de la misma.

Quecedo y Castaño (2002) dicen que el enfoque cualitativo es comúnmente utilizado, para descubrir y refinar preguntas dentro de un contexto de investigación, que se basa en la recolección de datos de tipo descriptivo y enmarcados en la observación. Por lo regular las preguntas van surgiendo dentro de la investigación y este proceso es de manera flexible por la interpretación de los eventos y el desarrollo de la teoría a indagar. Uno de sus propósitos es reconstruir la realidad tal como la observan los actores de un sistema previamente definido.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Figueroa, Lizarzaburu y Valarezo (2015) señalan que a su vez en la investigación cualitativa los investigadores toman la información generada de los datos para así crear conceptos basados en la comprensión del entorno y de los sucesos que van cobrando relevancia a medida que se adentra en la investigación. Se parte de un modelo flexible en la adquisición de información, diseñando un modelo de estudio con formulación de diferentes interrogantes abordados a lo largo de la propuesta de investigación; nada es dado por sobreentendido y aprovecha cualquier dato para realizar una investigación detallada que aporte al tema principal.

Por otra parte, la investigación se apoya en un alcance comparativo por la importancia que se brinda a la información obtenida de proyectos implementados en países europeos, norteamericanos y Latinoamericanos por medio de un análisis de los datos de cada uno de los países donde se ha visto mayor desarrollo de la tecnología (AMI), y que proporciona elementos de estudio necesarios para el tema abordado.

El método comparativo según Colino (2020) presenta explicaciones de los diferentes aspectos interpretativos y que están directamente involucrados al caso de estudio, siendo de carácter esencial a la hora de generar conocimiento por tratarse de casos específicos que abordan temas directos a la investigación realizada. Las observaciones extraídas de varias entidades sociales (países, sociedades, organizaciones, etc.,) para examinar semejanzas y diferencias de tal manera que se pueda indagar sobre las mismas y utilizar la información obtenida para impactar positivamente el trabajo desarrollado. De igual manera, es pertinente comprender cómo se van desarrollando conceptos y comprensiones partiendo de pautas de los datos y no recogiendo datos para evaluar modelos y teorías preconcebidas. Los investigadores siguen un diseño de investigación flexible, comenzando sus estudios con interrogantes vagamente formuladas. Galvis (2006) dice que la investigación descriptiva busca especificar las propiedades importantes de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

personas, grupos, comunidades o cualquier otro elemento que sea sometido a análisis. De esta manera, se desarrolla un estudio con enfoque cualitativo, el cual presenta un alcance descriptivo y comparativo para comprender los inicios, avances y situación actual de la implementación de tecnología AMI, bajo un enfoque dinámico como se refleja en la tabla siguiente (Ver tabla 4):

Tabla 4

Análisis metodológico

Ítems	Características de la Teoría	Instrumentos de Recolección	Relación con el Trabajo
Enfoque cualitativo	No se prueban hipótesis. El investigador es parte del proceso de recolección. Se desarrollan conceptos a lo largo del proceso. Es una investigación flexible.	Mantenimiento de registros. Benchmarking. Análisis documental.	Para desarrollar la propuesta se efectúa un compendio de información mediante el enfoque cualitativo.
Alcance Descriptivo Comparativo	Posee información internacional, regional y local de proyectos implementados. Existen estudios doctorales para	Análisis de información mediante la consecución de experiencias exitosas Recorrido por la normativa existente en la materia.	El trabajo está orientado a medir la pertinencia de este tipo de tecnología y su impacto en aspectos de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

	seguimiento y análisis de su implementación		competitividad, medio ambiente y eficiencia.
--	--	--	--

Fuente: Elaboración propia de los autores.

7.1. Instrumentos de Recolección de Información

Durante el desarrollo del presente trabajo, se realiza una revisión bibliográfica, con el fin de documentar y recopilar la información existente sobre la temática que permita plantear la propuesta de implementación de la tecnología AMI. Los principales instrumentos de recolección para el manejo de la información son los siguientes:

- Para poder evidenciar un contexto de los avances a nivel internacional en la Implementación de la Infraestructura de medición avanzada (AMI), se realizó una rúbrica, donde la primera columna contiene el nombre del país, en la segunda columna el nombre de cada proyecto, en la tercera columna está el año de proyección o ejecución y se finaliza con la columna donde se describe el alcance de los proyectos; por medio de la tabla desarrollada se facilita entender los avances de los diferentes países y a su vez la importancia que representa AMI a nivel mundial.
- También fue realizada una rúbrica para poder explicar los conceptos de Eco- Innovación partiendo en la primera columna con el año de publicación, en la segunda columna se presenta el nombre del autor y finaliza en la tercera columna con una definición resumida del concepto emitido por cada uno de los autores; donde es posible identificar la evolución y los nuevos instrumentos utilizados por cada uno de éstos, apoyando el concepto inicial.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

- Para evidenciar la relación entre la tecnología AMI con el desarrollo económico se contextualiza por medio de una rúbrica que resume las diferentes teorías económicas, autores, principales postulados y características aplicadas a la AMI.
- Con relación a la tecnología AMI se diseña un instrumento que permite evidenciar la evolución histórica de la tecnología, normatividad nacional y la relación con el séptimo ODS.
- Por medio de un análisis descriptivo se presentan los principales proyectos pilotos identificando ubicación geográfica, ciudad, alcance, período de planeación, ejecución y evaluación; es decir, las etapas del proceso de implementación planteadas con éxito.
- Desde la perspectiva histórica de la evolución de la energía eléctrica se retoma el enfoque de Cunningham (2003) aplicado a la ciudad de Villavicencio. Para esto, se elabora una rúbrica comparativa de las etapas y los periodos, determinando qué características presenta, cuál elemento fue el transformador y cómo estas etapas se vieron reflejadas en el mercado local de energía eléctrica en Villavicencio.

7.2. Análisis de Triangulación - Elementos Significativos

Okuda y Gómez (2005) afirman que el análisis triangular es una herramienta estratégica de investigación para disminuir los problemas relacionados por sesgos de la información y aumentar su validez dentro de los procesos analizados. Para tener un buen análisis triangular se requiere de una gran variedad de metodologías y si adicional le suman varios investigadores los resultados para el problema a resolver serán aún más fiables. Introducir el término triangulación en la investigación social, permitieron el uso de diferentes enfoques en una investigación, dando al observador la posibilidad de centrarse en la respuesta requerida para dar solución al problema planteado.

Teniendo en cuenta lo expuesto por estos autores y con la necesidad de resaltar la importancia que

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

representa la implementación de AMI, se plantea en la figura 6. Para el análisis triangular del AMI en Villavicencio se toma en una primera fase las teorías, segunda fase contexto y tercera fase el esquema de prestación del servicio. En el primero se identifica la teoría desarrollista, eco innovación e innovación disruptiva. En el segundo, el contexto internacional, nacional y local y en el tercer, gobierno, empresas y usuarios (Rodríguez, 2005).

Figura 6

Representación del análisis triangular



Fuente: Elaboración propia de los autores.

A continuación, se describen los elementos de análisis para cada uno de los actores que integran la tecnología AMI y el servicio eléctrico domiciliario en Villavicencio (Ver tablas 5 al 7).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Tabla 5

Esquema del usuario

Gobierno	Empresa	Usuarios
Estructura normativa Sistema AMI. Facturas - Tarifas Calidad. Cobertura. Conectividad.	Proceso de implementación tecnología AMI. Modificación y adaptación de contratos. Desarrollo planes de capacitación. Evaluación económica. Determinación del mercado. objetivo. Implementar infraestructura Determinación de recursos.	Relación costo vs. Beneficio. Proceso de sensibilización Manejo de datos. Ser prosumidor. Control de consumo.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 6

Adaptación teórica a la tecnología AMI

Desarrollista	Ecoinnovación	Innovación disruptiva
Procesos competitivos. Aumento de recursos. Generación de empleo. Desarrollo sostenible.	Reducción de recursos Implementación tecnológica. Economía competitiva	Pilares tecnológicos. La tecnología interactúa con el usuario. Productos sostenibles

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

	Concientiza en hábitos de consumo.	Reconversión de productos Eficiencia en la implementación de recursos.
--	------------------------------------	---

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Tabla 7

Contexto del mercado (AMI)

Internacional	Nacional	Local
Experiencias a nivel mundial.	Proyectos piloto.	Proyectos piloto.
Alcance de proyectos	Iniciativas empresariales.	Implementación piloto.
Esquemas de implementación.	Tecnologías utilizadas.	Tecnologías utilizadas.
Resultados obtenidos.	Cobertura.	Cobertura.
Cobertura.	Mesas de trabajo inter-gremiales.	Experiencias.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

7.3 Flujograma de la Investigación

Para continuar y realizar el modelo planteado en la metodología, se realiza una revisión bibliográfica sobre teorías de desarrollo económico, desarrollo de la Ecoinnovación e innovación disruptiva y evolución de la AMI en las empresas del sector eléctrico a nivel mundial, nacional y lo que podría llegar a ser en el mercado local de Villavicencio. Se hizo un recorrido por la historia de la energía eléctrica y cómo fue su llegada a la ciudad de Villavicencio, se consultó información de la compañía Electrificadora del Meta S.A. E.S.P y se plasmó su evolución técnica, comercial, y administrativa durante el periodo comprendido entre el año 2015 y el año 2019. De igual manera se

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

realizó un recorrido por la evolución normativa y jurídica de los servicios públicos domiciliarios en Colombia y de cómo el país diseñó una hoja de ruta para el cumplimiento de los ODS y la implementación de tecnología AMI en el territorio nacional (Ver figura 7).

Figura 7

Flujograma de la investigación



Fuente: Elaboración propia de los autores.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

8. Resultados

8.1. Análisis del contexto Internacional de Proyectos de Implementación de la Tecnología AMI

Para la investigación es importante contar con información confiable de los proyectos implementados, por ello se seleccionan países con mayor desarrollo de la tecnología AMI a nivel internacional, teniendo en cuenta la necesidad de un modelo referente comprobado de implementación y así fundamentar las bases para la propuesta a realizar en la electrificadora del Meta; cabe resaltar que los proyectos a nivel internacional tienen la información como privada, en el presente documento se seleccionan los países que tienen empresas que suministran información confiable en términos técnicos, administrativos y experienciales.

En la tabla 8 se realiza un análisis de diferentes proyectos de implementación de la tecnología AMI en el contexto internacional, tomando como referencia proyectos de Canadá, Estados Unidos, Italia y Francia; los cuales, han sido llevados a cabo con fines de mejorar la confiabilidad del servicio energético y aportando a los objetivos ambientales por medio de tecnologías bajas en carbono, convirtiendo estas herramientas en parte fundamental del desarrollo.

Tabla 8

Resumen proyectos Internacionales tecnología AMI

País / Empresa / Nombre Proyecto	Cobertura y Alcance	Descripción	Resultados Obtenidos
Canadá / empresas de	4.8 millones de medidores.	En abril de 2004 Ontario anunció el despliegue de	Brinda a los clientes la capacidad de mover la carga

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

distribución - -local (LDC) / proyecto Ontario	5 clases diferentes de medidores. 1000 millones se destinados para implementación	mí en todos los hogares y pequeñas empresas con proyección al año 2010. Se culminó en 2012. Cada compañía de distribución local en Ontario ha implementado su propia infraestructura de medición inteligente.	discrecional a horarios más baratos. Reduce el costo a largo plazo del suministro de electricidad. Aumenta la conciencia del consumo. Beneficios ambientales como resultado del cambio de carga.
Estados unidos / empresas de distribución local (LDC) / proyecto Smart Grid Investment Grant (SGIG).	16.340,240 millones de MI instalados. Costo total de la implementació n usd\$4.359 millones. Apalancados por ley de inversiones 2009.	El proyecto se ejecutó entre 2010 y junio de 2015. Para la implementación se financió la totalidad de AMI por medio de (SGIG). Para soportar el número real de mi instalados, estos debían ser instalados y operativos (configurado).	El departamento de energía reconoce que la prosperidad económica sostenida, la calidad de vida y la competitividad global de la nación dependen de una abundancia de recursos energéticos seguros, confiables y asequibles. Gestión de la energía, dispositivos de control de carga directa. Termostatos controlables y programables.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

			Electrodomésticos inteligentes.
Italia / Enel Distribuzione SPA / proyecto Telegestore.	Se proporciona la instalación de 32 millones de MI. Presupuesto de 2.100 millones de euros. En la actualidad Italia cuenta con un 99% de avance de la implementación .	Proyecto iniciado en 1999 y finalizado en 2006, financiado 100% por Enel. Enel creó un plan de comunicación para compartir con los clientes los detalles del proyecto de innovación. Sistema diseñado y medidores especificados por Enel. Presenta un mercado de demanda liberalizado. Todos los clientes pueden elegir su proveedor.	Enel recopila, periódicamente datos sobre la calidad del voltaje y las interrupciones, el consumo diario, las mediciones de energía activa y reactiva. Presenta transparencia ya que los clientes pueden leer su consumo de energía, tarifas y contratos en la pantalla del medidor. Reducción de eventos de interrupción de energía y tiempo de reparación. El proyecto ha permitido un ahorro anual de 500 millones de euros aproximadamente y la disminución de 30.000 toneladas de emisiones de CO2 a 2010.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Francia / empresa Feder / proyecto Linky.	Modernización de 35 millones de medidores. Inversión de 5.000 millones de euros. El Feder diseñó el sistema general, estableciendo especificaciones para los medidores	Se realiza proyecto piloto en dos áreas entre 2009- 2011 (ciudad de Lyon y Valle de Loira). Y se proyecta finalizar el proyecto general a 2021. Financiado por (Feder) por medio de tarifa de red cobrada a todos los usuarios de la red. Se ofrecerán 10.000 oportunidades de trabajo para la fabricación de medidores e instalación. Se calculó tiempo en proyecto piloto y se toman 30 minutos para reemplazo de un medidor, instalando 8 por día cada instalador eléctrico.	Comunicación bidireccional (desde y hacia el medidor). Escalabilidad: cada componente se puede actualizar por separado Equipos intercambiables e interoperables. Mejor identificación y localización de fallas asegurando intervenciones más rápidas. Las facturas de los usuarios reflejan lo que los consumidores realmente consumen. La mayoría de las operaciones se pueden realizar de forma remota, en menos de 24 horas.
Korea / Kepco / Proyecto Jeju Smart Grid	Se proyecta la instalación de 50 mil MI.	Se inicia con proyecto piloto entre los años 2005 y hasta 2009.	Mejoras en la calidad de la energía, confiabilidad y rentabilidad del

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

	Inversión que supera los 7 mil millones de dólares. Kepeco posee, instala y mantiene todos los MI.	El proyecto Jeju Smart Grid se planea realizar en dos etapas, la primera entre 2009 y 2013 instalando 10 millones de MI y la segunda para culminar en 2020. Korea apuesta a tener una implementación al 100% de tecnología AMI instalada a 2030. AMI es un prerequisite para la realización de la política de crecimiento verde del gobierno coreano y las políticas globales de reducción de CO2.	funcionamiento del sistema de AMI La reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero Ahorro de costos mediante el cambio de carga a horarios más baratos con incentivos económicos El proyecto Jeju fue diseñado para promover la comercialización y exportación de tecnologías de redes inteligentes. El AMI también interactúa con la interconexión de energía renovable y los dispositivos de almacenamiento de energía.
--	--	---	--

Fuente: Elaboración propia de los autores, pero información tomada de International Smart Grid Action. (2019). Caso AMI caso 03 / Francia.

Con base en el cuadro anterior, se determina que el modelo a seguir para la propuesta, es el realizado en Francia debido a las similitudes que existen con relación a los proyectos piloto implementados en la ciudad de Lyon y Valle de Loira, donde su ejecución es realizada por la empresa FEDER, determinando equipos a utilizar y tiempos para la instalación de los MI. Por otra

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

parte, la ciudad de Lyon (Francia) tiene grandes similitudes en la parte geográfica con la ciudad de Villavicencio (Colombia) por estar ubicada cerca de dos colinas y atravesada por un extenso río, también presenta una extensa llanura y su clima en tiempo seco puede generar temperaturas entre 20 °C y 35 °C en los meses comprendidos entre abril y octubre.

8.2. Análisis del contexto Nacional de Proyectos de Implementación de la Tecnología AMI

Con el fin de relacionar los proyectos de implementación de tecnología AMI en el mercado eléctrico colombiano, se elabora un cuadro-resumen. La idea es contextualizar al lector sobre tres proyectos que hasta la fecha vienen operando en Colombia y que se catalogan como iniciativas dentro de los planes de gestión de las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica. Es de resaltar que la tecnología utilizada en estos proyectos es diferente y cada compañía adaptó la tecnología AMI de acuerdo con sus necesidades y fines técnicos, comerciales y operativos como se ilustra en la tabla 9.

Tabla 9

Resumen de proyectos pilotos en Colombia tecnología AMI

Ciudad / Empresa / Nombre Proyecto	Cobertura y Alcance	Descripción	Resultados Obtenidos
Bogotá / Codensa s.a. Esp / Piloto	Entre 2016 y 2018 se instalaron más de 60.000	El medidor inteligente mide y registra los datos del consumo de energía de los usuarios, en intervalos máximos de una	Disminuir los costos de operación comercial en actividades de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Smart Metering.	medidores avanzados. Para clientes residenciales localizados en varios sectores de la ciudad.	hora; además, tiene capacidad de almacenarlos y transmitirlos con una frecuencia diaria. La información registrada en estos puede tener diversos fines y beneficios para los clientes, como realizar la confirmación del estado de suministro, planificación del consumo de energía, la conexión de autogeneración y la habilitación de operaciones remotas de lectura, suspensión y reconexión.	suspensión, inspección y reconexión. Disminuir las pérdidas por el hurto de energía. Normalización de los sistemas de medición centralizada. Aumento de la calidad del servicio, y detección temprana de daños técnicos.
Cali / Emcali s.a. Esp / proyecto AMI-Twacs Emcali.	Entre 2010 y 2012 se instalaron más de 20.000 medidores avanzados. Para clientes residenciales	Instalación de medidores inteligentes con funcionalidad de lectura remota y medición prepago para clientes con bajos en recursos con el fin solucionar los problemas comerciales (recaudo)solucionar los problemas técnicos (reducción de pérdidas de energía) eficiencia en	Disminuir los costos de operación comercial en actividades de suspensión, inspección y reconexión. Disminuir las pérdidas por el hurto de energía. Clientes satisfechos con el control de su

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

	de los estratos 1 al 3.	recursos, costos de sostenimiento en el mediano y largo plazo y rentabilidad para el negocio de comercialización y distribución de energía.	consumo y el pago de su factura. Dilación en proceso creación de cuentas.
San Andrés isla / SOPESA S.A / Reducción de pérdidas y gestión de medida centralizada.	Entre 2013 y 2018 se instalaron más de 20.000 medidores avanzados. Para todo tipo de clientes con el fin de reducir pérdidas de energía.	La tecnología del proyecto está a cargo de la empresa colombiana Ams unión S.A.S, y consta de tres componentes: el desarrollo y la instalación de los medidores, la puesta en funcionamiento de los sistemas de comunicaciones y la gestión del software. Otra de las grandes finalidades de este proyecto, apoyado por el BID, es el desarrollo de un plan de sostenibilidad ambiental que pretende reducir las altas emisiones de CO2 que ascienden a 162.386 toneladas por año, y procurar un manejo adecuado de los residuos que se generen con el programa.	Reducción del indicador de pérdidas comerciales de energía de un 25% al 9%. Control de consumos por parte de los usuarios. Mejora en la atención de reclamos técnicos.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Fuente: Elaboración propia de los autores, pero información tomada de Smart Grids Colombia Visión 2030. (2016). Parte IV iniciativas de redes inteligentes en Colombia.

Dentro de los seis proyectos (Smart Metering (Bogotá), AMI-TWACS (Cali), Reducción de Pérdidas y Gestión de Medida Centralizada (San Andrés Islas), Tecnificación de la Medida (Atlántico), Medición inteligente multiservicio (Antioquia), Centro de Gestión de Medida avanzada Epsa (Valle del Cauca), que actualmente hay en Colombia, de las cuales Bogotá, Cali y San Andrés Islas fueron seleccionados teniendo en cuenta las siguientes características que comparten con Villavicencio:

- Zonas de difícil acceso.
- Medidores internos con obstáculo para la medida.
- Pérdidas técnicas de energía.
- control de la demanda.

No obstante, a pesar que los casos no son idénticos, son referentes de carácter Nacional que dan paso a la empresa EMSA ESP, para la toma de decisiones en aspectos relevantes como: empresas comercializadoras y distribuidoras de tecnología AMI, cantidad de recursos a destinar por medidor instalado, capacidad para la solución de problemas que se pueden presentar en el desarrollo del proyecto, socialización y capacitación de los usuarios entre otros y que son base de aprendizaje de buenas prácticas para la adopción de esta tecnología.

8.3. Proyecto Piloto en el Municipio de Puerto Rico (Departamento del Meta)

La Electrificadora del Meta S.A. E.S.P incorporó a su mercado los usuarios del Municipio de Puerto Rico a partir de junio de 2008 como municipio pionero en atención comercial remota; con un Sistema de Medición Centralizado llamado SISTEMA DE PODER Integrado SPI que permite la medición y el control individualizado de consumo y la generación de balances de energía en forma remota; el sistema se soporta en tecnologías avanzadas de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

gestión de información para ejecutar las actividades de medición y control de los consumos de energía que transita por el lado de baja tensión de un transformador de distribución y que atiende la demanda de usuarios finales; permitiendo principalmente la Medición, Suspensión y reconexión remota de usuarios.

El montaje de este sistema estuvo a cargo de la empresa Vegaproyectos S.A. esto debido a que el personal propio de EMSA ESP no contaba con el conocimiento técnico para la instalación, parametrización y programación de los componentes de esta tecnología. Por lo anterior, para realizar estos trabajos de forma independiente sin tener que ampliar la nómina, que generarían gastos adicionales; por otra parte, cabe resaltar que los clientes donde se realiza el proyecto no estaban bajo cubrimiento de la red eléctrica manejada por la empresa EMSA ESP y que luego de terminados los trabajos quedan debidamente registrados para prestar el servicio.

En la tabla 10 se presenta el registro de clientes que ingresan a la compañía EMSA ESP a partir del año 2008 por medio del proyecto mencionado y su evolución a través de los años, mostrando una tendencia al aumento de tal manera que se evidencia un crecimiento del mercado en 6 años del 28.09%.

Tabla 10

Evolución de clientes del mercado Puerto Rico Meta

Clientes 2008	Clientes 2009	Clientes 2010	Clientes 2011	Clientes 2012	Clientes 2013
1.292	1.421	1.483	1.540	1.545	1.655

Fuente: Tabla tomada de Electrificadora del Meta S.A. (2008). Proyecto piloto SPI de la Electrificadora del Meta.

En la siguiente figura 8 se presenta la localización del municipio de Puerto Rico en el departamento del Meta.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Figura 8

Ubicación geográfica municipio Puerto Rico Meta



Fuente: Imagen tomada de Electrificadora del Meta S.A. (2008). Proyecto piloto SPI de la Electrificadora del Meta.

A continuación, en la tabla 11 se presenta el esquema que financió el proyecto SPI Puerto Rico Meta, identificando que se utilizaron recursos propios de la compañía 47.8% y recursos de la cooperación internacional aportados por el gobierno holandés (52.2%) para la realizar este avance tecnológico tan importante para el Departamento, como se refleja en los siguientes datos de la tabla.

Tabla 11

Resumen económico del contrato

Fuente	Valor
Convenio IDEA – Holanda	662.881.768
Contrato 310-08 EMSA	259.593.607
Contrato 185-09 EMSA	347.292.554

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Total Inversión	1.269.767.929
-----------------	---------------

Fuente: Tabla tomada de Electrificadora del Meta S.A. (2008). Proyecto piloto SPI de la Electrificadora del Meta.

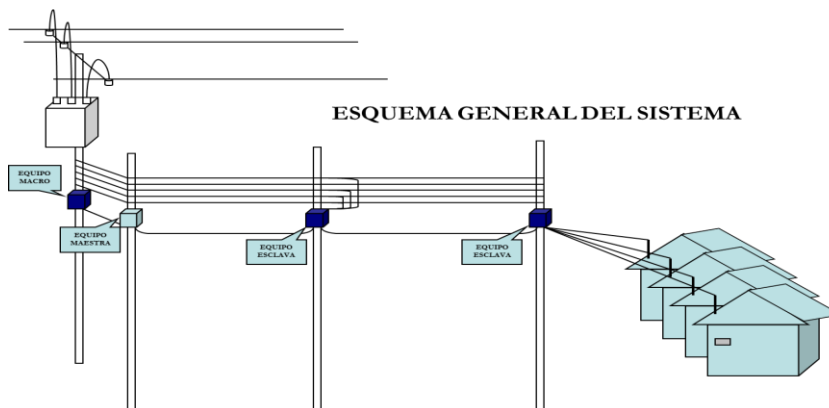
El esquema de prestación del servicio de energía eléctrica bajo el sistema SPI en el Municipio de Puerto Rico Meta para el período 2008 - 2013 se presenta en tres etapas planeación, ejecución e implementación.

8.3.1. Etapa de Ejecución

La prestación del servicio consistió en la revisión de los transformadores existentes en el Municipio de Puerto Rico con sus cajas o SN, equipos macros, equipos maestros, equipos esclavos y display (Ver figura 9).

Figura 9

Etapa de ejecución



Fuente: Imagen tomada de Electrificadora del Meta S.A. (2008). Proyecto piloto SPI de la Electrificadora del Meta.

8.3.2. Desventajas del Proyecto SPI en el Municipio de Puerto Rico Meta

Las desventajas del proyecto son:

- Se presentan problemas en la comunicación al existir daños técnicos en el cableado o retiro de este.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

- El cliente no tiene control de su consumo ya que el display no le permite realizar el seguimiento de su lectura como en los medidores convencionales.
- Los problemas técnicos ocasionan cobros por promedio o el no cobro real del consumo.
- Aumento de reclamaciones, insatisfacción y protestas de los clientes.
- La recuperación de la información de lectura en los equipos con problemas de comunicación es muy difícil (En Poste) o en algunos casos se han perdido.
- Atención de la solicitud de nuevos suministros o separación de servicios.
- El mantenimiento del sistema actual (Versión 0) requiere la adquisición de material donde se destaca Cable de comunicación; RJ, RF, Módulos, cajas básicas; estas últimas por las características geográficas de concentración de las viviendas requiere que sea una por cada nuevo suministro.
- EMSA a la fecha no contaba con un stock de materiales para mantenimiento y nuevos suministros; actualmente Vega Proyectos solo suministra materiales para la versión 3.

8.4. Evolución de la Energía Eléctrica en Villavicencio

En la tabla 12 se realiza una descripción de los datos que han estado presentes en Villavicencio según lo expuesto por Cunningham (2003) abordando los modelos energéticos como Pre-Agrícola, agrícola, agrícola avanzado, preindustrial, industrial e industrial avanzado.

Tabla 12

Evolución de la energía eléctrica en Villavicencio

Etapas	Periodo	Características	Elemento transformador	Datos en el mercado Local

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Pre-agrícola	Se ubica entre el Pleistoceno (hombre de Pekín) y Paleolítico. se extiende desde hace unos 2 millones de años hasta hace unos 10.000 años	La única fuente de energía del período es la tracción a sangre humana. La barrera de este modelo es el incremento del aprovechamiento energético per cápita.	Aún no se modifica el ambiente. Se vive en tribus; casi no hay herramientas	No se cuenta con información alguna de esta etapa.
Agrícola	Revolución del Neolítico. Tiene lugar hace unos 10.000 años en el Asia Central.	Como fuentes de energía se tienen la tracción a sangre y el incipiente uso del viento en navegación a vela. Aparecen los primeros asentamientos, (Ur y Jericó), civilizaciones de los valles (Tigris-Éufrates, Nilo, Indo, Amarillo).	La falta de herramientas adecuadas es una barrera para el incremento de productividad. Es el primer eslabón del control del ambiente por parte del hombre.	No se cuenta con información alguna de esta etapa.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Agrícola avanzado	El crecimiento de la población fue espectacular: entre los años 6.000 a.C. y el siglo XV d.C. los habitantes del planeta pasaron de 15 a 600 millones.	Principales fuentes de energía: Animales – 5% Esclavos – 95% Madera. El consecuente incremento de los precios originó una importante crisis energética.	Se trata de sociedades hidráulicas con control centralizado de la energía, donde surgen nuevas clases sociales (militar, profesional, burócratas) poco dispuestas al cambio.	No se cuenta con información alguna de esta etapa.
Pre-industrial	Se da en la edad media y Europa Feudal. Se difunden los programas de riego, la industria textil y el comercio entre países.	Leña, carbón vegetal, estiércol, etc. Aplicadas a Transporte y producción agrícola Personas y animales. Aplicadas a la cocción, calor, fundición de metales	Las máquinas capaces de operar como fuentes de energía motriz se limitaron a la rueda hidráulica y al molino de viento.	Programas de riego en siembras de arroz, hatos ganaderos (Primeras misiones en 1.555 y 1.585)

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Industrial	Se inaugura con la denominada Revolución Industrial. Holanda realiza el cambio de dos fuentes gratuitas como el agua y el viento por otra de carácter fósil.	Máquinas de pequeña escala, generación de energía con la quema de carbón.	Producción de energía de origen térmico e hidráulico. Motor de combustión interna, motor eléctrico.	Plantas de generación diésel para abastecer el mercado urbano, luminarias de alumbrado público.
Industrial Avanzado	Se origina entre mediados del siglo XIX y la actualidad.	Surgieron el petróleo y el gas como fuentes energéticas. Alimentando nuevos inventos, como el motor de combustión interna, que propulsó al automóvil y, más adelante, a los aviones. Se da espacio a las renovables.	Producción de energía de origen térmico e hidráulico. Fuentes de generación alternativas y renovables. Represas, subestaciones, líneas de transmisión y	Sistema interconectado Nacional. Creación de la Empresa de Energía del Meta. Montaje de líneas de transmisión y distribución de energía.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

			plantas de generación.	
--	--	--	---------------------------	--

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Con relación a lo expuesto por Cunningham (2003) se realiza un análisis de la evolución de la energía eléctrica del Departamento del Meta por medio de una lista de chequeo que permite relacionar los avances energéticos, en cada una de las etapas presentadas en el modelo (Ver tabla 13).

Tabla 13

Lista de chequeo etapas de la energía en Villavicencio Meta

Etapas	Elementos Generadores de Energía	Si	No	Observaciones (Aplicación En Villavicencio)
Preagrícola	La única fuente de energía del período es la tracción a sangre humana		X	No cuenta información de fuentes confiables para anexar.
Agrícola	Como fuentes de energía se utilizaron la tracción a sangre y el incipiente uso del viento en navegación a vela.		X	No cuenta información de fuentes confiables para anexar.
Agrícola avanzado	Principales fuentes de energía: animales – 5% esclavos –		X	No cuenta información de fuentes confiables para anexar.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

	95%. Generación a través de la quema de madera.			
Preindustrial	Se utilizaron fuentes como leña, carbón vegetal, estiércol, etc. Aplicadas a transporte y producción agrícola	X		Primeros avances en temas agrícolas que se evidencian en la región alrededor de 1555 y 1585.
Industrial	Principales fuentes de energía: mecánica – 96%, humana 3%, animal 1%. Generación a través de combustible como carbón.	X		Primeras plantas de generación a base de diésel. Inicio de los alumbrados públicos.
Industrial avanzado	Surgieron el petróleo y el gas como fuentes energéticas. Se comienza a abrir paso las fuentes renovables y no convencionales.	X		Creación de la electrificadora del meta. Instalación de líneas de transmisión y distribución de energía.

Fuente: Elaboración propia de los autores.

8.5. Caracterización del Mercado Eléctrico en el Departamento del Meta y Villavicencio

El Meta, es el primer Departamento de la Orinoquia Colombiana en recibir el servicio de energía eléctrica, en 1915 el empresario Francisco Arango, es contratado para instalar y operar por 25 años la primera planta hidráulica generadora de energía eléctrica en Villavicencio, con capacidad para quinientos focos; según el contrato no debía pagar impuestos a los materiales

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

necesarios para el montaje de la planta, el tendido de las redes en la ciudad, y la operación por un lapso de cinco años. Pasado este periodo, la empresa contratista estaba obligada a pagar al municipio, en concepto de impuestos, dos centavos por foco instalado. La planta generadora, estaba instalada sobre la quebrada Corrales, sector de Susumuco, en los límites con el Departamento de Cundinamarca y desde allí se enviaba el fluido eléctrico a través de cables de alta tensión hasta la subestación distribuidora en Villavicencio y de esta forma llegar a los usuarios en condiciones de baja calidad por la falta de tecnología y equipos adecuados; a pesar de ello prestaron el servicio a sus habitantes por casi cinco décadas, tiempo en el cual concluyó el contrato con Francisco Arango y se firmó otro con Jorge Bejarano en 1942 (Electrificadora del Meta S.A., 2008).

Según García (2016) a finales de los años sesenta fue necesario mejorar el suministro de energía eléctrica a los Villaviceses, por lo que se instalaron tres plantas generadoras Perkins (1200 kW), situadas en la subestación el Barzal, lugar donde se ubicaría la sede principal de la empresa Electrificadora del Meta S.A. La Electrificadora de Cundinamarca empezó a atender el municipio, por entrar en una etapa de crecimiento urbanístico y comercial, por este motivo la razón social del prestador del servicio se denominó Electrificadora de Cundinamarca y Meta. Estas plantas funcionaron hasta 1971, año en el que el Departamento del Meta fue interconectado al Sistema Eléctrico Nacional.

En 1981 nace la empresa Electrificadora del Meta S.A. y desde su creación ha sido el motor de desarrollo regional, al transformar la vida de los habitantes, de uno de los departamentos más extensos del País. La EMSA E.S.P., ha involucrado la energía eléctrica en todos los sectores de la región (residencial, comercial, industrial, oficial y/o alumbrado público), extendiendo sus redes y promoviendo la apertura de caminos para el desarrollo. En 1982, la empresa contaba con 23.773 suscriptores en los diferentes sectores y actualmente se superan los 340.000 usuarios, dando la

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

oportunidad de acceso al servicio energético y mostrando su capacidad para mantenerse en el mercado (García, 2016).

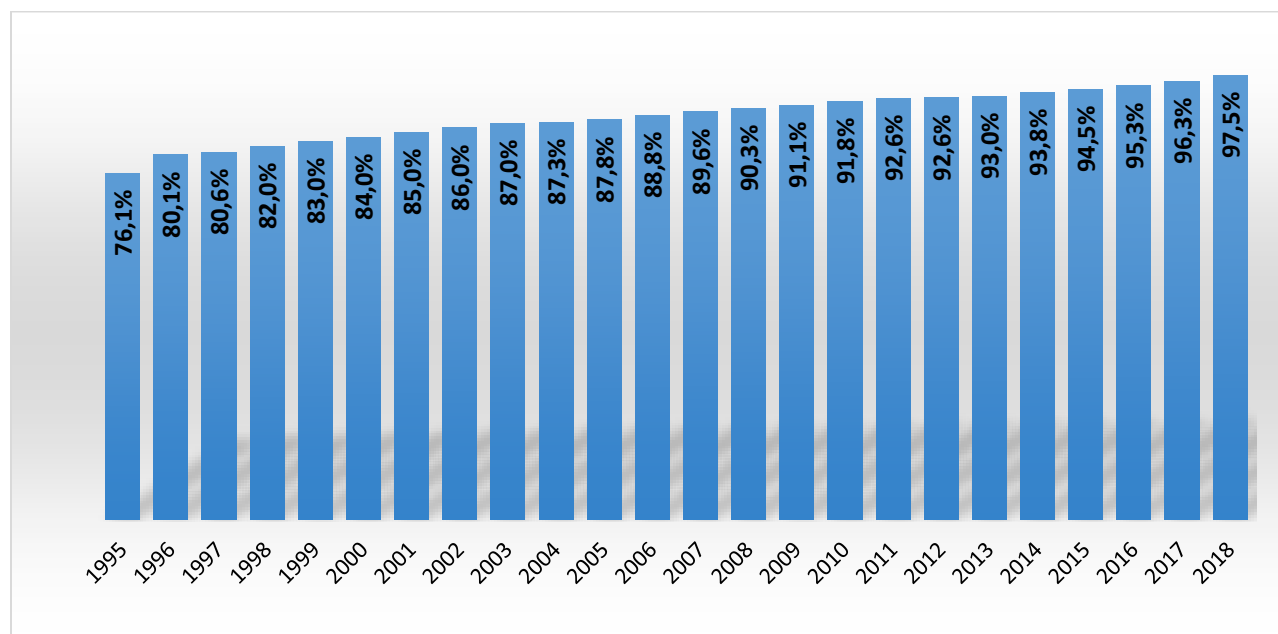
8.6. Análisis del Mercado de Energía Eléctrica

8.6.1. Cobertura Energética Nacional

En materia de cobertura energética en Colombia, los resultados de la política pública son contundentes, pasando de una cobertura del 76,1% en el año 1995 a 97,5%, en el año 2018. Es decir, en 20 años el incremento de cobertura fue del 20,3%, como puede observarse en la siguiente figura 10.

Figura 10

Índice cobertura de energía nacional



Fuente: Imagen tomada de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019). Energía eléctrica.

De acuerdo con las tendencias del mercado energético y el liderazgo del Ministerio de Minas y Energía, se hace necesaria la aplicación de tecnología al servicio de energía eléctrica que aporte a los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

8.6.2. Calidad del Servicio

La regulación actual instituye como principales indicadores de calidad y continuidad al Índice de Interrupción promedio del Sistema (SAIDI) y el Índice de Frecuencia de Interrupción promedio del sistema (SAIFI) por sus siglas en inglés. Según informe de la firma ERNS AND YOUNG durante los años comprendidos entre 2016 y 2018 se evidencia un gran rezago de Colombia respecto a otros países e identifica diferencias representativas entre las empresas en términos de calidad a nivel nacional clasificándolas en los tres grupos que se presentan en la siguiente tabla 14.

Tabla 14

Distribución grupos calidad del servicio

Clasificación Colombia	SAIDI (Horas)	SAIFI (Interrupciones)
Colombia 1	Igual o inferior a 20	Igual o menor a 20
Colombia 2	Entre 21 y 50	Entre 21 y 50
Colombia 3	Superior a 50	Superior a 50

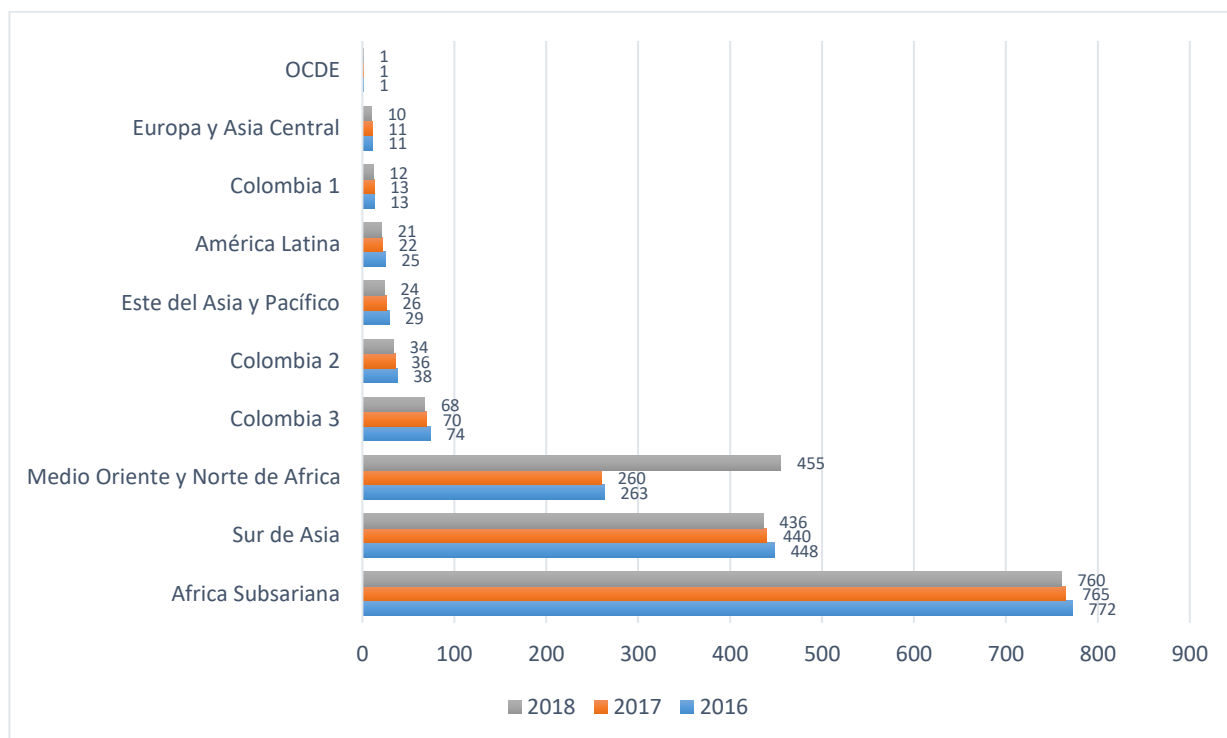
Fuente: Imagen tomada de Ernst & Young, S.L. (2018). Informe anual de transparencia 2018.

En la figura 11 se presenta los indicadores SAIDI y SAIFI para los 3 grupos de Colombia y países seleccionados a nivel internacional. Mostrando que el grupo Colombia 1, está por encima del promedio de América Latina en calidad del servicio y tiempo promedio en resolver los problemas presentados en la red; pero el grupo 2 y 3 que representa la mayor cantidad de empresas Nacionales, se encuentran en niveles muy por debajo del promedio Latinoamericano ubicado en 21 horas sin servicio energético en el transcurso del año 2018.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Figura 11

Indicadores Saidi y Saifi 2016 – 2018



Fuente: Imagen tomada de Ernst & Young, S.L. (2018). Informe anual de transparencia 2018.

8.6.3. Evolución Técnica y Comercial de la Compañía

Actualmente la compañía presta a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN) el servicio en 23 de los 29 municipios del Departamento del Meta. Según datos de la superintendencia de servicios públicos domiciliarios, la EMSA E.S.P. ocupa por tamaño del mercado atendido el onceavo lugar entre las empresas comercializadoras de energía eléctrica, con una cobertura de un 2.30% del mercado nacional con 345.811 usuarios, los cuales en un 86.22% están concentrados en el ámbito urbano y un 13.68% en el ámbito rural. Para el período 2015 a 2019 la cobertura de la Compañía a nivel del Departamento del Meta discriminado por ubicación geográfica en clientes rurales y urbanos evidenciando un comportamiento positivo de la evolución de clientes nuevos (en promedio 10.000 por año) se ilustra a continuación (Ver tabla 15 y figura 12).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Tabla 15

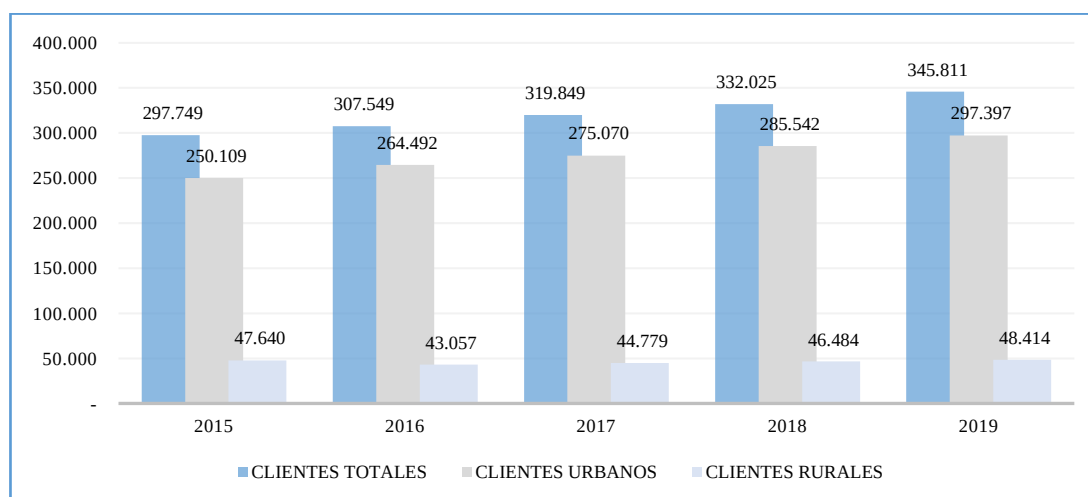
Evolución clientes electrificadora del Meta

Descripción clientes	2015	2016	2017	2018	2019
Urbanos	250.109	264.492	275.070	285.542	297.397
Rurales	47.640	43.057	44.779	46.484	48.414
Totales	297.749	307.549	319.849	332.025	345.811

Fuente: Elaboración propia de los autores.

Figura 12

Evolución comercial clientes EMSA



Fuente: Imagen tomada de Electrificadora del Meta S.A. (2019). Informe gestión EMSA.

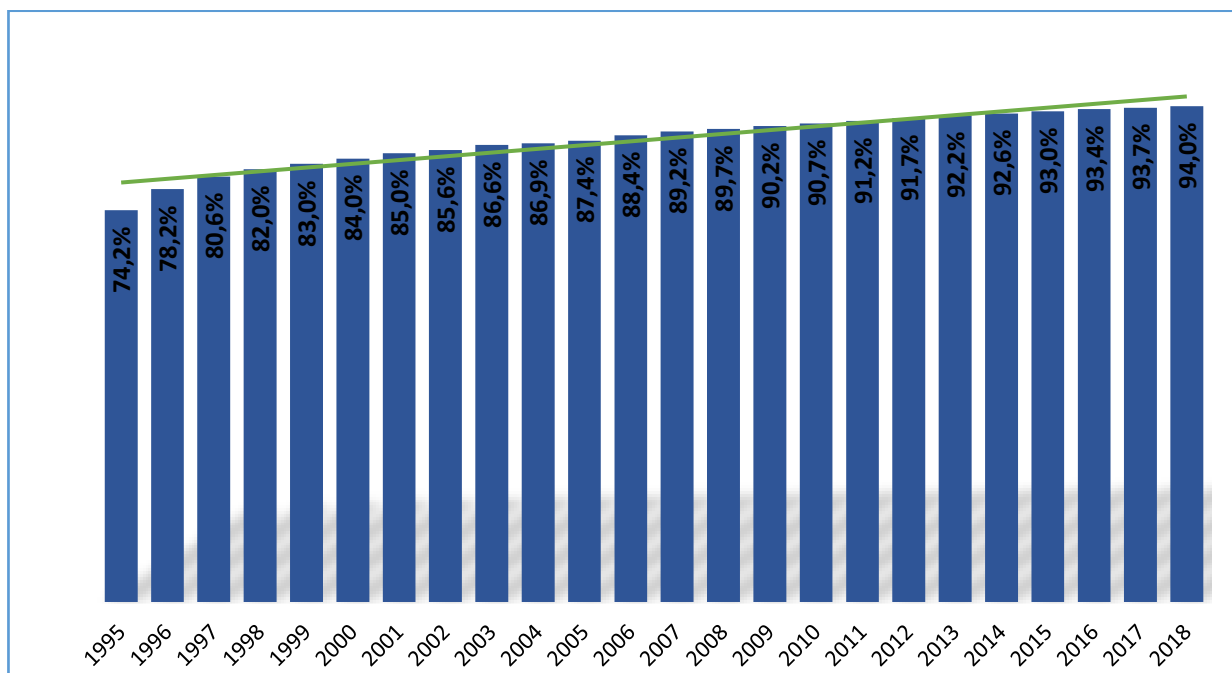
8.6.4. Índice de Cobertura en el Departamento del Meta

Según la Unidad de Planeación Minero-Energética (UPME) el Departamento del Meta ha tenido una evolución significativa en el índice de cobertura y mercado atendido, logrando avanzar en cerca de 20 puntos porcentuales en el periodo comprendido entre 1995 y el año 2018. Siendo lo más destacado la expansión alcanzada en el municipio de Villavicencio donde se logra un indicador del 98% (Ver figura 13).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Figura 13

Índice cobertura de energía eléctrica en el departamento del Meta



Fuente: Imagen tomada de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019). Energía eléctrica.

Durante el periodo comprendido entre 2015 y 2019, la compañía presenta un incremento sostenido en sus ventas. Según datos del informe de gestión, las ventas por consumo de energía eléctrica se ubicaron en \$500 mil millones, siendo para este caso, el sector residencial el más representativo seguido del comercial e industrial. La evolución de las ventas se debe principalmente al aumento en el consumo de energía por parte de los diferentes sectores; en el caso del industrial se apalanca por el impacto que tiene con relación a sus yacimientos petroleros y su sector agroindustrial (Ver tabla 16).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Tabla 16

Facturación por clase de servicio Electrificadora del Meta

Facturación Por Sector	2015	2016	2017	2018	2019
Residencial	\$ 158.700	\$ 198.032	\$ 202.549	\$ 214.841	\$ 238.628
Comercial	\$ 80.818	\$ 110.649	\$ 105.131	\$ 108.798	\$ 120.179
Industrial	\$ 30.875	\$ 103.538	\$ 87.153	\$ 79.393	\$ 87.502
Oficial	\$ 18.543	\$ 20.170	\$ 22.998	\$ 24.446	\$ 28.964
Otros Sectores	\$ 20.589	\$ 19.510	\$ 16.995	\$16.954	\$ 25.984
Total Facturación	\$ 309.526	\$ 451.899	\$ 434.826	\$ 444.432	\$ 501.257

Fuente: Imagen tomada de Electrificadora del Meta S.A. (2019). Informe gestión EMSA.

8.7. Indicadores de Calidad en el Mercado Local

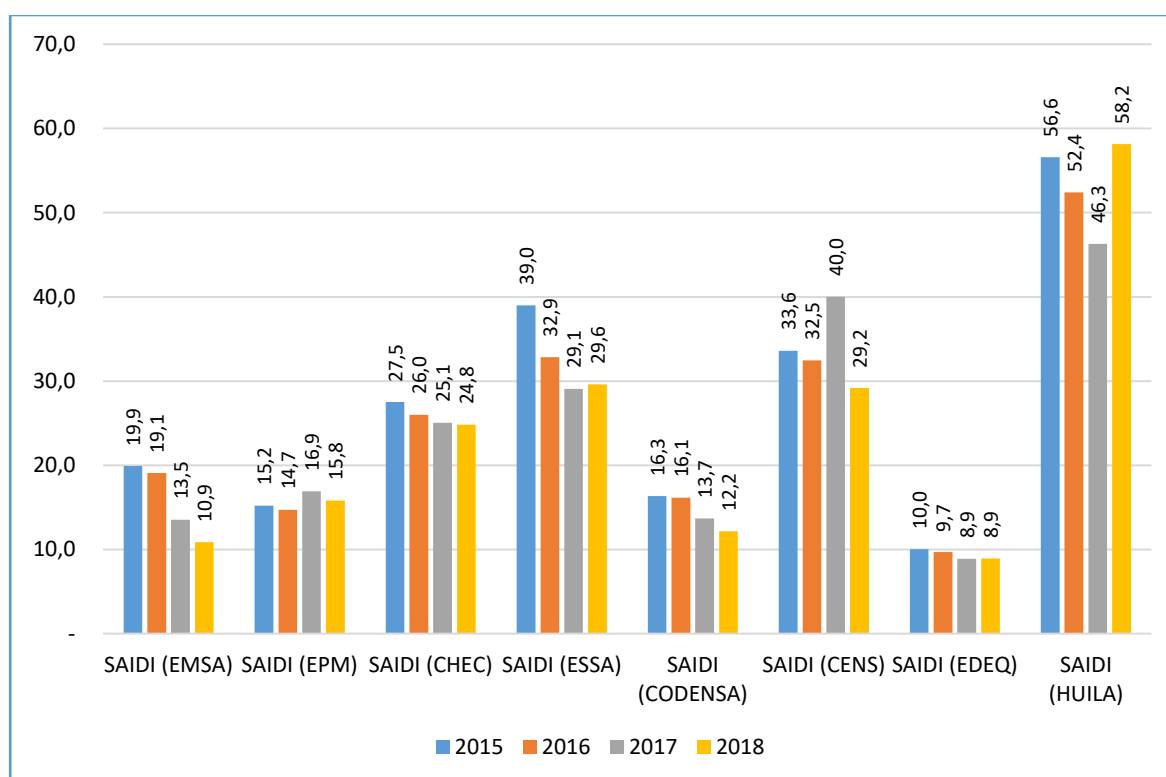
La Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (2018) señala que para el año 2018 se expidió la resolución CREG 015 en la cual se hace referencia a los indicadores SAIDI (Duración promedio de las interrupciones percibidas por un usuario) y SAIFI (cantidad de veces promedio que se presenta una interrupción para un Usuario) que son manejados a nivel internacional para medir anualmente la calidad del servicio. El indicador SAIDI se encuentra definido en el estándar IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices IEEE Std 1366-2012 [1]. Los resultados del presente documento se presentan en horas y dan cuenta de la duración promedio de las interrupciones percibidas por un usuario conectado al sistema de distribución de energía eléctrica de un OR, El indicador SAIFI se encuentra definido en el estándar IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices IEEE Std 1366-2012 [1] y da cuenta del número de veces que en promedio se presenta una interrupción en el servicio de energía para un

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

usuario conectado al sistema de distribución local. Según datos extraídos de la plataforma del sistema único de información de la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios, y después de comparar la EMSA ES.P. con empresas del sector los indicadores SAIDI y SAIFI durante el periodo comprendido entre el año 2015 y 2018 se presenta un comportamiento positivo para la Compañía. El indicador de duración de interrupción del servicio (SAIDI) tiene un comportamiento positivo al disminuir las horas de duración y se ubica dentro de los rangos regulatorios definidos por la CREG (Ver figura 14).

Figura 14

Indicador Saidi 2015- 2018



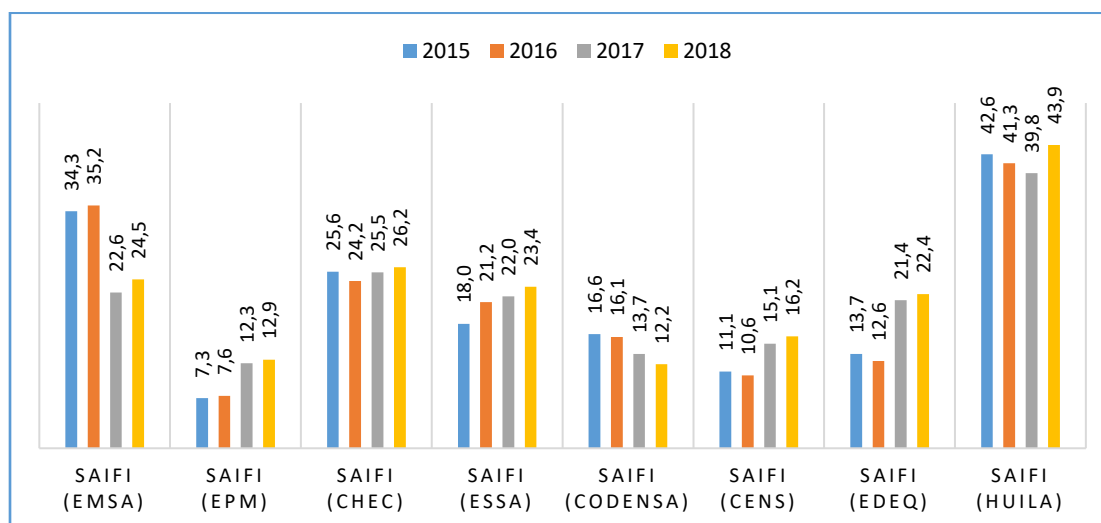
Fuente: Elaboración propia de los autores.

En la figura 15 se refleja que la frecuencia de las interrupciones del (SAIFI) en el mercado del departamento del Meta son altas comparándolas con empresas del sector y siendo superada en este caso solo por ELECTROHUILA.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Figura 15

Indicadores SAIFI 2015 – 2018



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Los indicadores SAIDI y SAIFI, se ven afectados principalmente por las siguientes causas propias de la operación del negocio:

- Altos niveles de ruralidad y dispersión geográfica a los que se enfrentan algunas empresas.
- Vegetación que puede afectar las líneas de transmisión y distribución.
- Las altas temperaturas con las que tienen que lidiar algunas empresas y que reducen el periodo útil de los equipos, así como la pluviosidad y la salinidad.
- Limitaciones en la infraestructura producto de la geografía.

8.8. Implementación de los ODS en Colombia

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD (2018) indica que Colombia trabaja en los ODS y cuenta una estructura definida para su coordinación y control, que está liderada por la Comisión Interinstitucional de Alto Nivel ODS conformada por 7 miembros y entre ellos el presidente del Departamento Nacional de Planeación (DNP), a su vez cuenta con miembros de DNP, Presidencia, DANE, entre otros, y también con aliados estratégicos como la

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Sociedad civil, Sector privado, Academia, Medios y Organismos internacionales. La Comisión vela por el desarrollo e implementación articulada entre los planes de desarrollo de los Departamentos y los ODS; evidenciando que 32 planes de desarrollo Departamentales utilizan los ODS como base para la formulación de sus metas. El 54% de los indicadores de seguimiento de los ODS en producción y que trabaja en un 30% de indicadores que cuentan con información parcial y con 16% de indicadores que no es posible de producir en el país. Con estos indicadores y la información que se maneja también muestra que los objetivos con mayor información de desarrollo son 3, 5, 8 y 9 y los que menos datos tienen son 6, 12 y 14 respectivamente.

El Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2018) afirma que dentro del estudio se resaltan los principales avances obtenidos con respecto al objetivo siete, garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos y por ello se contextualiza la información desde las principales fuentes de energía en Colombia, donde su participación es de la siguiente manera: energía hidráulica, 65%, energía solar, 0.23%, energía eólica, 0.11%, energía térmica a partir de gas, 23.2% y energía térmica a partir de carbón, 6.19%.

La cobertura con respecto al objetivo siete en el territorio Nacional correspondiente a la energía eléctrica para el año 2015 de 96,9% de la población, para el año 2018 con 97.2% y se proyecta para el 2030 tener un 100% de cobertura, teniendo principalmente que trabajar en las zonas de difícil acceso geográfico para implementar fuentes renovables de energía.

Arango (2019) establece que la capacidad instalada para la generación de energía se contaba en el 2015 con 16571.0 MW, en 2018 la meta era generar 16609.0 MW, pero se logró superar, generando 17206.2 MW y como proyección al 2030 se espera la generación de 23487.0 MW. Para estos indicadores se mide la Capacidad Efectiva Neta (CEN), instalada en el Sistema Interconectado Nacional (SIN). Sin embargo, cabe resaltar que los problemas generados en el

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

proyecto más importante a nivel Nacional (Hidroeléctrica Ituango), están reflejando un panorama preocupante debido a que la capacidad instalada actualmente podría suplir energía suficiente con respecto a la demanda hasta el año 2021 de manera crítica; tanto así que de no tomarse medidas podría llegar a la necesidad de un nuevo racionamiento.

Según el Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia (2018) la financiación del objetivo siete está enmarcada de la siguiente manera para dar cumplimiento al año 2030. Se requieren de 6.14 billones de pesos como presupuesto del costo para implementación que estará apalancado de la siguiente manera: presupuesto General de la Nación (PGN) 92,9%, Sistema General de Participaciones (SGP) 0,5%, Entidades territoriales 4,6% y Sistema General de Regalías (SGR) 2.0%. Se tendrá un seguimiento tanto a la ejecución física como presupuestal por parte de la Secretaría Técnica de la Comisión ODS y por parte del DNP Y DANE quienes actualizarán la información de manera pública (CONPES, 3918).

8.8.1 Indicadores Objetivo Siete de ODS

En la tabla 17 se presentan los indicadores relacionados al objetivo siete de los ODS con la proyección de su implementación a nivel Nacional.

Tabla 17

Indicadores objetivo 7 de ODS

Nombre del Indicador	Descripción del indicador	Unid. de Medida	Fuente	Línea base 2015	Meta interme dia a 2018	Meta 2030

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Cobertura de Energía Eléctrica	Mide el porcentaje de viviendas que tienen acceso a energía eléctrica respecto al total de viviendas.	Porcentaje	UPME - Plan indicativo de expansión de Cobertura (PIEC)	96,9% (13.568.357 usuarios)	97,2% (13.595.192 usuarios)	100%
Porcentaje de capacidad instalada que corresponde a fuentes renovables	Mide la capacidad instalada de fuentes de energía renovables (agua, viento, sol, biomasa), respecto a la capacidad instalada total del parque generador.	Porcentaje	UPME - Balance Energético Colombiano	69,8%	70,3%	73,3%
Intensidad energética	Mide la relación entre el consumo final de energía, respecto al Producto Interno Bruto	Terajulio / mil millones de pesos de 2005	DANE - Cuenta Ambiental y Económica de Flujos de Energía, en Unidades Físicas.	2,28	2,25	1,83

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

Capacidad instalada de generación de energía eléctrica	Mide la capacidad efectiva neta (CEN) instalada en el Sistema Interconectado Nacional (SIN)	Megavati os (MW)	Min Minas – Sistema de Información eléctrico colombiano	16.420	16.609	23.487
--	--	---------------------	---	--------	--------	--------

Fuente: Tabla tomada del Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. (2018). Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia.

La Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) (2019) señala que el desarrollo de energías renovables en Colombia, no presenta avances significativos en la producción de energía eléctrica, a pesar de que el Estado ha presentado varias leyes para la generación de energía sostenible teniendo como principal la Ley 1715 de 2014, la cual tiene por objetivo, promover el desarrollo y la utilización de las fuentes no convencionales de energía, principalmente aquellas de carácter renovable. Igualmente, los índices de pérdidas de energía en Colombia se convierten en un factor primordial ya que solo en los procesos de transmisión y distribución se pierden (11.7%) de la energía producida, existen diversas causas y entre ellas están: factores técnicos, falta de medidores, mala facturación, pérdidas comerciales por conexiones ilegales y geografía de difícil acceso para toma de registros.

Con relación a temas de impacto ambiental, en Colombia se presenta un alto uso de combustibles generados por la madera y el carbón, como fuente de energía para cocinar en zonas rurales, con un índice del 48% de la población y que son agentes altamente contaminantes; este índice es bastante elevado a pesar que el Estado cuenta con un aumento importante de las redes de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

gas natural que alcanzan una cobertura del 64% de los hogares tanto en zonas urbanas como rurales y presenta afectaciones en la salud de las familias y directamente al ambiente.

8.8.2. ODS Departamento del Meta y Villavicencio

El Departamento del Meta ha trabajado en los siguientes ODS con relación a la agenda de cumplimiento para el año 2030 (Fin de la pobreza, hambre cero, salud y bienestar, educación de calidad, igualdad de género, agua limpia y saneamiento, trabajo decente y crecimiento económico, reducción de las desigualdades) los cuales están fundamentados en el Plan de Desarrollo Departamental 2016 - 2019. El trabajar en los ODS por parte del Departamento es un aporte importante que se ve reflejado en el cumplimiento de los mismos a nivel Nacional, pero para el tema de investigación tratado los objetivos que presentan avances no son relevantes; por el contrario, el objetivo siete no presenta progreso alguno ni información representativa que permita evaluar los indicadores presentados a Nacional. Dada la anterior situación, todos los aportes y proyectos que pueda desarrollar la Electrificadora de Meta serán fundamentales para aportar al objetivo siete de los ODS y así lograr avances con miras al cumplimiento que debe presentar el país al año 2030 (Unidad de Planeación Minero Energética, 2019).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

9. Análisis de Resultados

9.1. Propuesta para la Implementación de la Tecnología AMI en la Ciudad de Villavicencio Colombia

Este documento presenta los análisis técnicos, administrativos y jurídicos elaborados para establecer -entre otros aspectos- el modelo propuesto para implementar la infraestructura de medición avanzada -AMI por sus siglas en inglés en el mercado eléctrico de Villavicencio. Teniendo, así como consideración principal que el propósito de una implementación, independiente de quien la ejecute es la mejora continua de los procesos productivos de los diversos agentes involucrados con el sistema de medición para lograr la disminución de los costos de la prestación del servicio y promover la competencia directa que garantice una mejora en la competitividad del sector. La base para la construcción de la propuesta, fue analizar y conocer la evolución de la AMI y los casos de éxito de otros países que decidieron dar paso a un nuevo esquema en la prestación del servicio de energía eléctrica a la luz de los aportes posibles para el logro del séptimo ODS.

9.1.1. Beneficios Tributarios que Obtiene la Compañía con la Implementación de AMI. Para las empresas prestadoras del servicio de energía eléctrica en Colombia el Estado otorga estímulos tributarios para la tecnificación del proceso como se identifica a continuación.

El Ministerio de Minas y Energía (2014) afirma que la Ley 1715 de 2014 tiene como propósito establecer un marco normativo y regulatorio que propendan por el desarrollo económico sostenible, la reducción de gases de efecto invernadero, la seguridad en el abastecimiento energético y la gestión eficiente de la energía, a través de la integración de las Fuentes No Convencionales de Energía (FNCE) al sistema energético nacional, principalmente aquellas de carácter renovable.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

El Presidente de la República de Colombia mediante el Decreto 2143 de (2015) adiciona un nuevo título al Decreto 1073 de 2015, para el desarrollo de los incentivos propuestos por la Ley 1715. De esta manera, los interesados en realizar inversiones en proyectos de investigación y desarrollo en FNCE y gestión eficiente de la energía, podrán acceder a incentivos tributarios, arancelarios o contables. El Ministerio de Minas y Energía (2014) dice que las empresas que adopte tecnología que aporte a la mejora del sistema eléctrico y al desarrollo de fuentes no convencionales de energía tiene los siguientes beneficios:

9.1.1.1. Deducción Especial en la Determinación del Impuesto sobre la Renta. Les permite a las empresas que realizan erogaciones en investigación, desarrollo e inversión para la producción de energía a partir de FNCE o gestión eficiente de la energía deducir hasta el 50% del valor de las inversiones realizadas al momento de presentar la declaración.

9.1.1.2. Depreciación Acelerada. Las empresas deducen de su declaración de renta los gastos que generan elementos depreciados y de esta manera cuando han adquirido elementos relacionados a FNCE y para la mejor gestión de la energía pueden presentar una depreciación de estos bienes hasta por un 20%.

9.1.1.3. Exclusión de Bienes y Servicios del IVA. La empresa estará exenta de pagar IVA por adquisición de bienes o servicios, equipos o maquinaria que están directamente relacionados con la mejora energética.

9.1.1.4. Exención de Gravámenes Arancelarios. La empresa al momento de importar elementos como maquinaria, equipos, materiales e insumos que se destinen directamente para la creación o mejora de FNCE estará libre del pago de Derechos Arancelarios. (UPME, 2016)

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

9.1.2. Primer Paso para la Implementación de AMI es el Análisis y la Apropiación del Contexto Normativo Identificando

- Normas marco para la prestación del servicio público de energía eléctrica.
- Normas marco para la implementación de AMI en Colombia.
- Normas expedidas por la CREG.

Vale la pena señalar que la tecnología AMI y su aplicación en el mercado eléctrico colombiano, es un tema relativamente nuevo a la luz de la estructura normativa y regulatoria del sector. Sin embargo, durante los últimos tres años se han dado pasos importantes por parte del Ministerio Minas y Energía con la expedición de Resoluciones que enmarcan la utilización de este tipo de tecnología y que brindan un horizonte de tiempo Razonable para su expansión a nivel país. A continuación, en la figura 16 se resume las normas expedidas hasta la fecha que tienen relación directa con la implementación de AMI en Colombia y define elementos básicos como:

- Roles, funciones y responsabilidades a nivel nacional para la implementación.
- Estructura de implementación.
- Tiempo de implementación.
- Condiciones técnicas (ciberseguridad, interoperabilidad).

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Figura 16

Normas que han expedido para implementar el AMI en Colombia



Fuente: Elaboración propia de los autores.

Simultáneo a los incentivos planteados, es imprescindible establecer un modelo de arquitectura para RI que corresponda al contexto específico por las condiciones de la zona a implementar, nivel de evolución de la empresa y tecnificación. Proceso articulado con el marco normativo y regulatorio que permita identificar las funciones e interoperabilidad de cada uno de los actores que integran el sistema eléctrico.

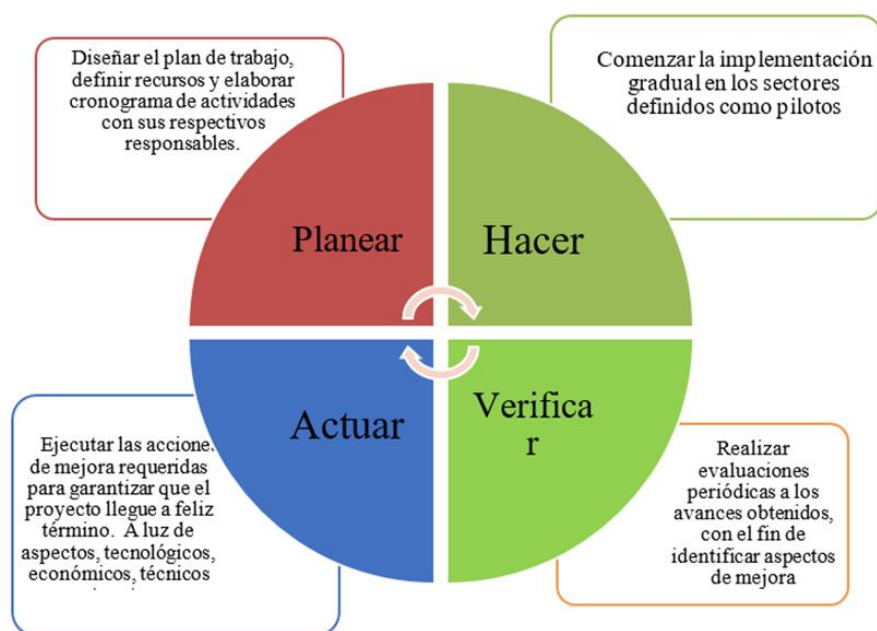
9.1.3. Propuesta Administrativa para la Implementación AMI. En el siguiente gráfico se plantea para la implementación de la tecnología AMI, el ciclo PHVA, el cual se constituye en una herramienta importante al momento de administrar recursos y poner en marcha proyectos de cualquier índole. Es una herramienta de la mejora continua, presentada por Deming; se basa en un ciclo de 4 pasos: Planificar, Hacer, Verificar y Actuar. Es frecuente utilizar esta metodología en la implementación de un sistema de gestión de la calidad, de tal manera que, al emplearla en la

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

política y objetivos de calidad, así como en la red de procesos, la probabilidad de obtener buenos resultados es mayor (Ver figura 17).

Figura 17

Flujograma ciclo PHVA de la propuesta



Fuente: Elaboración propia de los autores.

9.1.4. Actividades Previas a la Implementación. Definir al interior de la compañía un equipo interdisciplinario con el fin de liderar el proceso y establecer responsabilidades individuales y conjuntas. Diseñar un cronograma de trabajo que establezca el tiempo estimado para la ejecución del proyecto. Evaluar financieramente el costo asociado al proyecto y establecer las fuentes de financiación del mismo. Se debe gestionar una campaña de comunicación para informar a los clientes y las autoridades locales en las áreas de implementación. Igualmente realizar capacitaciones periódicas con los directos implicados. Diseñar una agenda de trabajo que contemple reuniones públicas. También enviar comunicaciones a los clientes antes de las intervenciones técnicas. Habilitar líneas de contacto y canales de comunicación directos para

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

resolver las inquietudes presentadas por los clientes. Entregar un manual o folleto a los clientes que contenga la información relevante sobre el funcionamiento de la tecnología y el medidor.

9.1.4.1. Hoja de Ruta para la Implementación. Tomando en cuenta el análisis realizado de los principales proyectos a nivel mundial y Nacional que han realizado este tipo de implementación, se determina que los pasos principales que se deben tener en cuenta para su implementación en la ciudad de Villavicencio son:

9.1.4.2. Mapeo de Necesidades en Zonas Urbanas y Rurales. Los procesos CORE de la compañía dentro de los que se encuentran facturación, servicio al cliente, cartera y gestión de pérdidas deben identificar los sectores de la ciudad que presentan mayor dificultad a la hora de realizar la lectura de los medidores, ejecutar balances de energía, realizar visitas técnicas, desarrollar gestión de cobro, atender reclamos. Esto con el fin de poder zonificar las áreas críticas de la ciudad y establecer el mercado objeto de la implementación de la tecnología AMI.

9.1.4.3. Proceso de Evaluación. Dentro de la empresa se debe evaluar los siguientes aspectos:

- Electricidad que se consume actualmente.
- Potencia pico de demanda y proyección de esta.
- Estado de las líneas de comunicación.
- Definir las características de los equipos a implementar, debido a que tienen diversas funciones programables como: comunicación bidireccional, escalabilidad que permite que cada medidor sea actualizado por separado y protocolos estandarizados de comunicación.
- Establecer una política interna de la electrificadora del Meta con relación al manejo de AMI.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

9.1.4.4. Proceso de Seguimiento. Realizar seguimiento periódico para evaluar posibles ajustes de dispositivos en pro de mejoras por circunstancias no planeadas.

9.1.5. Indicadores de los ODS 7.

Los indicadores de los ODS 7 se verán involucrados por la aplicación de infraestructura AMI. Esta propuesta representa una oportunidad importante para la ciudad de Villavicencio y a su vez para el departamento del Meta, dado que abre el camino para iniciar los aportes al objetivo 7 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Teniendo en cuenta que pasados 4 años desde que fueron lanzados, para su gestión e implementación a nivel mundial, a la fecha en el departamento no se cuenta con avances registrados para control y seguimiento. Teniendo en cuenta lo expuesto, con la implementación tecnología AMI en la ciudad de Villavicencio se aporta a los siguientes indicadores del objetivo 7:

- Cobertura de energía eléctrica, con la nueva tecnología se obtiene mejor uso del recurso y facilidades para la toma de registros permitiendo proyectar nuevos puntos de difícil acceso.
- Porcentaje de capacidad instalada que corresponde a fuentes renovables, por medio de los avances tecnológicos se implementan equipos que generan energía de fuentes renovables y permiten que los usuarios se conviertan en prosumidores, logrando obtener costos de facturación inferiores a los manejados actualmente.
- Intensidad energética, con la trazabilidad de los datos obtenidos de los medidores inteligentes, es posible lograr mayor eficiencia de la energía, gracias a las acciones que se toman en beneficio de la empresa generadora y a su vez del usuario.
- Capacidad instalada de generación de energía eléctrica, con la aplicación de la tecnología AMI se aporta directamente a este indicador, dado que incentiva a todos los sectores

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

involucrados a implementar nueva tecnología para aprovechar recursos renovables (hidráulica, solar, eólicos, plantas menores, etc.) y ser generadores de energía aumentando la capacidad instalada y disminuyendo temas de costos en facturación.

9.1.6. Beneficios Estimados por la Implementación de la AMI.

Por medio de la implementación de la Tecnología AMI, la Empresa encontrará los siguientes beneficios que le aportarán a su operación diaria y a su flujo de caja directamente ya que son costos que normalmente están asociados a la obsolescencia de tecnología, por otra parte, los usuarios también obtendrán beneficios relacionados directamente con su bolsillo.

- Lectura automatizada de los MI reduce costos y recursos.
- Costos asociados a temas de transporte de los operarios.
- Manutención requerida para desplazamientos a zonas rurales.
- Manejo de equipos y transporte de los mismos a diferentes zonas tanto urbanas como rurales para monitoreo y solución de fallas.
- Disminución de tiempo de los operarios para determinar fallas y daños en la red y a su vez para dar solución son más efectivos al tener la información más acertada de la avería.
- Mayores mantenimientos predictivos y disminución de mantenimientos correctivos generando menor malestar al usuario.
- Continuidad del servicio a los usuarios.
- Es posible gestionar la demanda por medio de programas de análisis de información.
- Aumento de la vida útil de los dispositivos por la mejora en la regulación de tensión (Transformadores).
- Mayor capacidad del sistema.
- Balance energético en línea por transformador.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

- Control de cargas en línea.
- Posibilita la detección oportuna de desviación de consumos.
- Permite al usuario control en tiempo real sobre su consumo.
- Disminución de los tiempos en los ciclos de facturación.
- Suspensión y reconexión automatizada.
- Venta de energía prepago.

9.1.7. Empresas que Ofertan Dispositivos Tecnológicos para AMI. Dentro de la investigación realizada se han determinado alguna empresa las cuales se encuentran debidamente registradas ante la superintendencia de industria y comercio y cuentan con patentes para la implementación de medidores inteligentes y demás sistemas requeridos para la implementación. Estas empresas han presentados diversas invenciones en el transcurrir de los años con relación a la tecnología que se desea implementar y han sido socios estratégicos de proyectos a nivel mundial.

- General Electric Company (EE. UU)
- Itron Inc. (EE. UU).
- Toshiba Corporation (JAPÓN).
- Silver Spring Networks Inc. (EE. UU).
- Elster Electricity Llc (EE. UU).
- Advance Measurement System – AMS (COLOMBIA).
- Prime Stone (COLOMBIA).

Cada una de estas organizaciones han realizado aportes importantes, brindando avances significativos de tecnología que permiten mayor confiabilidad de la información registrada por los centros de control y que garantizan mayor operatividad del sistema AMI.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

10. Conclusiones

Luego de realizar la respectiva revisión bibliográfica y de compilar la información requerida para la investigación, se procedió con un análisis de los datos recolectados con el fin de contar con elementos básicos que permitieron elaborar la propuesta de implementación de la tecnología AMI en la ciudad de Villavicencio Colombia; Tomando en cuenta los contextos Internacionales, Nacionales y Locales donde se llevaron a cabo este tipo de proyectos y los datos de referencia para su implementación.

Desde el punto de vista internacional los países europeos, asiáticos y norteamericanos han realizado sin número de proyectos de implementación de esta tecnología; situación que es respaldada por los antecedentes históricos de estos mercados con relación a los temas energéticos. En este sentido es de resaltar el caso de Italia que cuenta con un 99% de capacidad instalada y con resultados sobresalientes en la implementación de tecnología AMI, los cuales se convierten en un referente para los países en vía de desarrollo. Los proyectos analizados, se constituyen en los más representativos por los avances técnicos, comerciales y sociales obtenidos y la calidad de la información registrada en los mismos; dando como resultado que la implementación de la tecnología AMI, es una necesidad para el funcionamiento eficiente del mercado energético y su impacto en el cumplimiento de los ODS.

Los países de Sur América excluyendo a Brasil, están aún lejos de tener una implementación importante de tecnología AMI y es por ello que los avances que se realicen en Colombia representan pautas importantes en el desarrollo eléctrico de la región teniendo en cuenta que exportamos energía a otros países vecinos y al contar con sistemas tecnológicos para la gestión de la energía y a su vez de la demanda el recurso energético será aún mayor. En Colombia, desde el año 2008 a la fecha se han llevado a cabo proyectos en la adopción de AMI

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

que se constituyen como iniciativas empresariales en diferentes regiones del país. En el caso objeto de estudio, se analizaron los desarrollados en las ciudades de Bogotá D.C, Cali y San Andrés Islas; Dichos proyectos han venido marcando un derrotero para otras empresas del sector y se constituyeron en un punto de partida para que el Ministerio de Minas y Energía (MME) y la UPME diseñarán el Plan Energético Nacional con miras a lograr su implementación masiva en el mediano y largo plazo en todo el territorio nacional.

Por otra parte, en el departamento del Meta, sólo se ha efectuado un proyecto de implementación de AMI donde los resultados no son representativos, dado que los elementos instalados no fueron debidamente mantenidos y a su vez perdieron características técnicas por la falta de personal capacitado para su manutención, los equipos terminaron siendo obsoletos por la falta de elementos para su modernización, lo que generó un detrimento a la organización. Mostrando como resultado una mala planeación en su implementación por falta de información requerida dentro de esta clase de proyectos.

La empresa electrificadora de meta no tiene competencia dentro del departamento en el mercado regulado, sin embargo, no se constituye como monopolio debido a la cantidad de mercado atendido actualmente y que está dentro de los lineamientos de la ley debido a la cantidad de usuarios que no sobrepasa los 400.000, en comparación con empresas como Codensa.

Es importante lograr que las empresas públicas y privadas incorporen dentro de sus planes estratégicos, aportar a los ODS, apuntando a metas de sostenibilidad, reportes de consumo de materias primas, manejo de residuos e información relevante que ayude a la trazabilidad necesaria para las entidades encargadas de llevar registro y control; también las empresas tienen

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

la posibilidad de aprovechar la apertura de nuevos mercados relacionados a innovación y desarrollo que son piezas fundamentales para la implementación de los ODS a nivel Nacional.

La tecnología de AMI, a nivel mundial ha sido aceptada como una herramienta fundamental en la prestación del servicio de energía bajo un nuevo esquema, brindado resultados a corto plazo luego de su implementación y demostrando que con el buen uso de los recursos se disminuye sustancialmente las afectaciones al medio ambiente mejorando la sostenibilidad y apoyando el uso de FNCE.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

11. Recomendaciones

Es fundamental resaltar que la CREG debe regular el mercado y establecer reglas de juego en aspectos como: tarificación horaria, propiedad de la información, conectividad y esquema de remuneración en la implementación.

Se requiere realizar una mesa de trabajo conjunta entre el Ministerio de Tecnologías de la Información y Comunicaciones, la Agencia Nacional del Espectro y La Comisión de Regulación de Comunicaciones para establecer lo concerniente a la asignación del espectro radioeléctrico necesario para la comunicación de equipos, la evolución de los costos de las distintas soluciones de telecomunicaciones y la actualización de la normatividad.

La Electrificadora del Meta S.A. ESP debe evaluar profundamente aspectos técnicos, comerciales y financieros para establecer la zona o zonas que serán objeto de la implementación de la tecnología AMI en el municipio de Villavicencio. Con el fin de garantizar la continuidad y éxito del proyecto. También, trabajar en capacitación de su personal en temas de adelantos tecnológicos, de tal manera que con la implementación de AMI todo el personal este en capacidad de atender las dudas de los usuarios y temas técnicos que pueden requerirse durante el proceso de implementación.

Contemplar el suministro del medidor Inteligente como parte integral de la infraestructura del sistema de medición avanzada para agilizar la captura, análisis y explotación de la información; brindando a su vez información necesaria a los usuarios, de los elementos que componen el sistema, de tal manera, que se obtenga un mayor rendimiento y gestión del recurso eléctrico.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

12. Referencias

- Arango, M. C. (2019). *Panorama energético de Colombia*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://www.grupobancolombia.com/wps/portal/empresas/capital-inteligente/especiales/especial-energia-2019/panomara-energetico-colombia>
- Arcos, O. (2008). *Teorías y enfoques del desarrollo*. (1ª. ed.). Escuela Superior de Administración Publica. <http://www.esap.edu.co/portal/wp-content/uploads/2017/10/5-Teorias-y-Enfoques-del-Desarrollo.pdf>
- Bilbao, L. y Lanza, R. (2009). *Historia del sector eléctrico*. (2ª. ed.). Editorial Universidad Autónoma de Madrid.
- Camargo, S. R. (2015). Los servicios públicos domiciliarios en Colombia: su prestación, regulación y control. *Revista del CLAD Reforma y Democracia*, 2(63). 163-194. <http://old.clad.org/portal/publicaciones-del-clad/revista-clad-reforma-democracia/articulos/063-octubre-2015/Matias.pdf>
- Casellas, F., Velasco, G., Guinjoan, F. y Pique, R. (2010). El concepto de Smart Metering en el nuevo escenario de distribución eléctrica. *Revista de Eléctricos*, 2(2), 5025- 5025.
- Chavarro, D., Vélez, M. I., Tovar, G., Montenegro, I., Hernández, A. y Olaya, A. (2017). *Los objetivos de desarrollo sostenible en Colombia y el aporte de la ciencia, la tecnología y la innovación*. (1ª. ed.). Colciencias Unidad de Diseño y Evaluación de Políticas.
- Colino, C. (2020). *Método comparativo*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de http://www.theoria.eu/dictionary/M/metodocomparativo_a.htm
- Congreso de la República de Colombia. (1994). Ley 142 de 1994. *Por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial 41.433 del 11 de julio de 1994.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Consejo Nacional de Política Económica y Social República de Colombia. (2018). *Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) en Colombia*.

Consultado el 28 de febrero de 2020 de

<https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/3918.pdf>

Consejo Privado de Competitividad. (2018). *Informe nacional de competitividad 2018-2019*.

(12^a. ed.). Zetta Comunicadores. [https://compite.com.co/wp-](https://compite.com.co/wp-content/uploads/2018/10/CPC_INC_2018-2019_Web.pdf)

[content/uploads/2018/10/CPC_INC_2018-2019_Web.pdf](https://compite.com.co/wp-content/uploads/2018/10/CPC_INC_2018-2019_Web.pdf)

Consejo Privado de Competitividad. (2019). *Índice departamental de competitividad 2019*. (7^a.

ed.). Panamericana Formas e Impresos S.A. [https://compite.com.co/wp-](https://compite.com.co/wp-content/uploads/2019/11/CPC_IDC_2019_WEB.pdf)

[content/uploads/2019/11/CPC_IDC_2019_WEB.pdf](https://compite.com.co/wp-content/uploads/2019/11/CPC_IDC_2019_WEB.pdf)

Constitución Política de Colombia. (1991). *Código básico Constitución Política de Colombia*.

(43^a. ed.). Legis Editores S. A.

Corredor, D. (2020). *Convocatorias públicas de transmisión de energía eléctrica en Colombia:*

una discusión sobre su régimen contractual. [Trabajo de grado para optar por el título de especialista en derecho administrativo, Universidad Santo Tomás]. Repositorio institucional de la Universidad Santo Tomás.

<https://repository.usta.edu.co/handle/11634/20902>

Cunningham, R. (2003). La energía, historia de sus fuentes y transformación. *Revista*

Petrotecnia, 2(2), 52- 60.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Entrega de resultados*

Censo nacional de población y vivienda (CNPV)- 2018.

<https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/cnpv-2018-comunicado-3ra-entrega.pdf>

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Díaz, E. (2019). Teoría de Clayton Christensen: Innovación disruptiva. *Ignius*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <http://ignius.com.mx/teoria-clayton-christensen-innovacion-disruptiva/>

Electrificadora del Meta S.A. (2008). *Proyecto piloto SPI de la Electrificadora del Meta*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://www.electrificadoradelmeta.com.co/newweb/>

Electrificadora del Meta S.A. (2019). *Informe gestión EMSA*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://www.electrificadoradelmeta.com.co/newweb/>

Endesa. (2017). *El almacenamiento de energía en la distribución eléctrica del futuro*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de http://www.raing.es/sites/default/files/ALMACENAMIENTO_ENERGIA%20FINAL%20B.pdf

Energía Eficiente. (2009). *Red de transporte de energía eléctrica*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://energiaeficiente.wordpress.com/2009/10/15/red-de-transporte-de-energia-electrica/>

Enríquez, G. (2009). *Tecnologías de generación de energía eléctrica*. (1ª. ed.). Editorial Limusa. <https://books.google.com.co/books?id=BUINAgAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Tecnolog%C3%ADas+de+generaci%C3%B3n+de+energ%C3%ADa+el%C3%A9ctrica&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwipjf6T-6rqAhXCT98KHUzbBBYQ6AEwAXoECAEQAg#v=onepage&q=Tecnolog%C3%ADas%20de%20generaci%C3%B3n%20de%20energ%C3%ADa%20el%C3%A9ctrica&f=false>

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

- Ernst & Young, S.L. (2018). *Informe anual de transparencia 2018*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/es_es/home-index/ey-informe-anual-de-transparencia-2018.pdf
- Figuerola, A. E., Lizarzaburu, A. S. y Valarezo, A. (2015). Validez interna y externa de la investigación cualitativa. *Revista: CCCSS Contribuciones a las Ciencias Sociales*, 2(2), 1- 10. <https://www.eumed.net/rev/cccss/2015/04/transferibilidad.html>
- Galvis, O. Z. (2006). Tipos de Investigación. *Revista Científica General José María Córdova*, 4(4),13-14. <https://www.redalyc.org/pdf/4762/476259067004.pdf>
- García, C. A. (2016). Valoración de la electrificadora del meta S.A. ESP - EMSA ESP. *Revista Eléctrica*, 2(2), 1- 32.
- García, D. S., Cruz, E. y Corredor, G. (2005). Impactos y consecuencias de la reforma del sector eléctrico en Colombia. *Revista GRISEC de la Universidad Nacional*, 2(2), 1-13.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. P. (2014). *Metodologías de la investigación*. (6ª ed.). McGraw – Hill. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- International Smart Grid Action. (2019). *Caso AMI caso 03 / Francia*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <http://www.iea-iscan.org/ami-case-case03-france/>
- Kwame, J. (2020). Un nuevo acuerdo verde global. *Revista El Trimestre Económico*, 1(345), 279-291. https://www.researchgate.net/publication/340106725_Un_Nuevo_Acuerdo_Verde_Globa
l_Global_Green_New_Deal_para_un_desarrollo_sostenible
- Meiter, F. (2019, septiembre 14). Las tecnologías disruptivas están revolucionando al sector energético. *Softtek*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AMI

<https://blog.softtek.com/es/las-tecnolog%C3%ADas-disruptivas-est%C3%A1n-revolucionando-al-sector-energ%C3%A9tico>

Ministerio de Minas y Energía. (2014). *Guía práctica para la aplicación de los incentivos tributarios de la Ley 1715 de 2014*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de

https://www1.upme.gov.co/Documents/Cartilla_IGE_Incentivos_Tributarios_Ley1715.pdf

Ministerio de Minas y Energía. (2018). *Mecanismos para implementar la Infraestructura de medición avanzada en el servicio público de energía eléctrica*.

<https://www.minenergia.gov.co/normatividad?idNorma=47695>

Moguillansky, G. y Bielschowsky, R. (2000). *Inversión y reformas económicas en américa latina*. (1ª. ed.). Editorial Fondo de Cultura Económica.

Molano, J. F. (2007). *El libro historia empresarial del meta / opinión*. (1ª. ed.). Ediciones S.A.S.

Molina, J. D. (2019). *Colombia Inteligente*. Consultado el 28 de noviembre de 2019.

<https://www.colombiainteligente.org/index.php>

Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD. (2018). *ODS en Colombia: Los retos para 2030*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de

<https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/library/ods/ods-en-colombia--los-retos-para-2030.html>

Okuda, M. y Gómez, C. (2005). Métodos en investigación cualitativa: triangulación. *Revista Colombiana de Psiquiatría*, 34(1), 1-15.

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-74502005000100008

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2020). *Objetivo 7: Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/energy/>

Presidente de la República de Colombia. (2015). *Decreto 2143 de 2015. Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, Decreto 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capítulo 111 de la Ley 1715 de 2014*. Diario Oficial No. 49.686 de 4 de noviembre de 2015.

Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD). (2020). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>

Quecedo, R. y Castaño, C. (2002). Introducción a la metodología de investigación cualitativa. *Revista de Psicodidáctica*, 14(2), 5-39. <https://www.redalyc.org/pdf/175/17501402.pdf>

Rodríguez, O. (2005). La triangulación como estrategia de investigación en ciencias sociales. *Mid*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://www.madrimasd.org/revista/revista31/tribuna/tribuna2.asp>

Rovira, S., Patiño, J. y Schaper, M. (2017). *Ecoinnovación y producción verde Una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40968/S1700072_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Smart Grids Colombia Visión 2030. (2016). *Parte I Antecedentes y marco conceptual del análisis, y recomendaciones para la implementación de redes inteligentes en Colombia*.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Consultado el 28 de febrero de 2020 de

https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Smart%20Grids%20Colombia%20Visi%C3%B3n%202030/1_Parte1_Proyecto_BID_Smart_Grids.pdf

Smart Grids Colombia Visión 2030. (2016). Parte IV iniciativas de redes inteligentes en

Colombia. Consultado el 28 de febrero de 2020 de

https://www1.upme.gov.co/DemandaEnergetica/Smart%20Grids%20Colombia%20Visi%C3%B3n%202030/4_Parte4_Anexo7_Proyecto_SmartGrids.pdf

Superintendencia de Industria y Comercio. (2016). *Medición y gestión inteligente de consumo*

eléctrico. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/medicion_energia.pdf

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2014). *Caracterización de usuarios de*

las peticiones, quejas y reclamos (PQR) para los servicios públicos domiciliarios de acueducto, alcantarillado, aseo, energía eléctrica y gas combustible de la SSPD vigencia 2014. Consultado el 28 de febrero de 2020 de

<https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/archivos%20varios/caracterizaciondeusuariosdelaspeticionesquejasyreclamos.pdf>

Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2018). *Diagnóstico de la calidad del*

servicio de energía eléctrica en Colombia 2018. Consultado el 28 de febrero de 2020 de https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2019/Nov/diagnostico_calidad_servicio_2018.pdf

Téllez, S. M., Rosero, J. y Céspedes, R. (2018). Sistemas de medición avanzada en Colombia:

beneficios, retos y oportunidades. *Revista de Ingeniería y Desarrollo Universidad del Norte*, 36(2), 469-488.

IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGIA AMI

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2015). *Plan energético nacional Colombia: ideario energético 2050*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de http://www.upme.gov.co/docs/pen/pen_idearioenergetico2050.pdf

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME). (2019). *Energía eléctrica*. Consultado el 28 de febrero de 2020 de <https://www1.upme.gov.co/Paginas/Energia-Electrica.aspx>