

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS



UNIDAD DE POSTGRADO

ANÁLISIS COMPARATIVO DE PLATAFORMAS TECNOLÓGICAS DE TELECOMUNICACIONES QUE SE PUEDEN APLICAR PARA LA RED DE ACCESO DE ÚLTIMA MILLA QUE PERMITA OPERAR A LOS SERVICIOS DE INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI) EN LA EMPRESA ELÉCTRICA REGIONAL CENTROSUR C.A

Para obtener el Grado de:

**Magíster en Administración de Empresas
Mención: Telecomunicaciones**

Tesis de maestría presentada por

Ing. Luis David Regalado Vega

Tutor de tesis: Ing. Fabricio Echeverría Briones Msc.

Guayaquil, Noviembre de 2015

DECLARACIÓN

Yo, Luis David Regalado Vega declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La reproducción total o parcial de este libro en forma idéntica o modificada, escrita a máquina o por el sistema "multigraph", mimeógrafo, impreso, etc., no autorizada por los editores, viola derechos reservados.

Cualquier utilización debe ser previamente solicitada.

(2015) Facultad de Ciencias Administrativas de la Universidad de Guayaquil.

Derechos Reservados del Autor

Luis David Regalado Vega

C.C. #0301463774

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por permitirme culminar este trabajo y darme la posibilidad de prepararme cada día más profesionalmente, de igual manera a todos los profesores que durante este tiempo fueron quienes dedicaron su tiempo para compartir sus conocimientos y experiencias en las aulas de clase.

De la misma forma a mis Padres, Esposa, hijos y hermanos por todo su apoyo y comprensión en esta dura tarea de formación profesional.

Reitero mi agradecimiento a la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A y sus Directivos del periodo 2010-2012, quienes con su gestión hicieron posible la oportunidad de obtener este logro profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis Padres quienes con todo su esfuerzo y dedicación me han apoyado para culminar esta etapa muy importante en mi vida Profesional.

A mí amada Esposa e Hijos quienes me han comprendido durante todo este tiempo que el esfuerzo que los padres hacemos por tener un futuro mejor para nuestras familias sacrificando su tiempo y momentos importantes de su vida diaria.

A la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A quienes hacen posible con su apoyo, en todos los aspectos, que sus profesionales sigamos preparándonos y mejorando para brindar un mejor servicio a la colectividad y tener un crecimiento profesional a cabalidad.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	viii
RESUMEN	9
ABSTRACT.....	10
RESUMEN DE CAPÍTULOS.....	11
CAPÍTULO 1.	13
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
1.1 UBICACIÓN DEL PROBLEMA EN UN CONTEXTO	13
1.1.1 ANTECEDENTES.....	13
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
1.3 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1 OBJETIVO GENERAL.....	19
1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.6 HIPÓTESIS	19
1.7 VARIABLES	20
1.7.1 Variable Independiente	20
1.7.2 Variables Dependientes	20
1.8 JUSTIFICACIÓN	20
1.8.1 Justificación Teórica.....	20
1.8.2 Justificación Metodológica	20
1.8.3 Justificación Práctica	21
CAPÍTULO 2.	22
MARCO REFERENCIAL.....	22
2.1 INTRODUCCIÓN	22
2.2 MARCO TEÓRICO	22
2.2.1 DISEÑO Y ARQUITECTURA DE UNA SMART GRID.....	23
2.3 MARCO CONCEPTUAL	30
2.3.1 SMART GRID.....	30

2.3.2	ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES SMART GRID-AMI	33
2.3.3	INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI).....	34
2.3.4	RED NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES RENTSE.	35
2.3.5	RED DE TELECOMUNICACIONES DE CADA DISTRIBUIDORA (CONECTIVIDAD CON LAS REGIONALES, AGENCIAS, OFICINAS, SUBESTACIONES, CONCENTRADORES Y RECONECTADORES) 37	
2.3.6	PLATAFORMA DE TELECOMUNICACIONES GPON.....	38
2.3.6.1	Definición y arquitectura.....	38
2.3.7	PLATAFORMA DE TELECOMUNICACIONES BPL o PLC.....	39
2.3.7.1	Definición.....	39
2.3.7.2	Estructura de la Red BPL.....	39
2.3.8	PLATAFORMA DE TELECOMUNICACIONES RF-MESH.....	41
2.3.8.1	Definición y arquitectura.....	41
2.4	MARCO CONTEXTUAL.....	42
CAPÍTULO 3.		44
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		44
3.1	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	44
3.1.1	ANÁLISIS DESCRIPTIVO.....	44
3.1.2	ANÁLISIS DEDUCTIVO INDUCTIVO	48
3.2	FUENTE DE DATOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN. 49	
3.2.1	Inversión Inicial.	51
3.2.1.1	Inversión inicial tecnología GPON.	51
3.2.1.2	Inversión inicial tecnología BPL.	57
3.2.1.3	Inversión inicial tecnología RF-Mesh.	60
3.2.2	Operación y Mantenimiento.....	65
3.2.2.1	Personal Técnico.....	65
3.2.2.2	Costos Varios	66
3.2.2.3	Costos anuales por eventualidades.....	66
3.2.3	Costo total por Implementación.....	67
3.2.4	Matriz datos Técnicos.	68
3.2.5	Análisis de Datos.	70
3.2.5.1	Análisis de Datos de Costos.....	70
3.2.5.2	Análisis de Datos técnicos.	70
3.2.6	Análisis de Costo – Beneficio.	71
3.2.6.1	Costos por Lecturas anuales.	71
3.2.6.2	Costos operativos por desconexiones y reconexiones para 1000 clientes.	72
3.2.6.3	Costo anual por pérdidas No técnicas para 1000 usuarios.	73
3.2.6.4	Costo anual por pérdidas técnicas para 1000 usuarios.	74
3.2.6.5	Resumen costo - beneficio para Centrosur al implementar AMI para un segmento de 1000 clientes residenciales.....	74
CAPÍTULO 4.		77
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....		77
4.1	ANÁLISIS CAUSA EFECTO.....	77
4.1.1	DIAGRAMA CAUSA – EFECTO (ISHIKAWA).....	77
4.1.1.1	Definición del Efecto o problema.	77
4.1.1.2	Principales categorías de las causas del efecto o problema.....	77
4.1.1.3	Determinación de las Causas – Diagrama de ISHIKAWA.....	78
4.2	COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS Y DE OBJETIVOS	80
4.2.1	HIPOTESIS.....	80

4.2.2	OBJETIVOS.....	80
4.2.2.1	Objetivo General.	80
4.2.2.2	Objetivos Específicos.	81
4.3	PROPUESTA DE MEJORA	82
4.3.1	OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA	82
4.3.2	ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA.	83
4.3.3	RESULTADOS ESPERADOS DE LA PROPUESTA.....	88
4.3.4	PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE LA PROPUESTA DE MEJORA.	90
4.3.4.1	Presupuesto para la aplicación de las etapas de la propuesta de mejora.	90
4.3.4.2	Cronograma de ejecución de la Propuesta de mejora.	91
CAPÍTULO 5.		93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		93
5.1	CONCLUSIONES	93
5.2	RECOMENDACIONES.....	94
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....		95
BIBLIOGRAFÍA.....		95

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.4.2	Modelo de cuatro niveles para la implantación de Smart Grid...	24
Ilustración 2.3.1	Smart Grid, modelo NIST y IEEE Estándar 2030 del 2011.....	31
Ilustración 2.4.1	Modelo Conceptual y la Interoperabilidad.....	32
Ilustración 2.4.3	Arquitectura de Smart Grid, segmentos y elementos claves.....	33
Ilustración 2.5.1	Arquitectura de Comunicaciones AMI	35
Ilustración 2.6.1-	Anillo de Fibra Optica DWM - TRANSELECTRIC	36
Ilustración 2.6.2	Red Nacional de Telecomunicaciones RENTSE.....	37
Ilustración 2.7.1	WAN y FAN - Red de Telecomunicacions por Distribuidora.....	38
Ilustración 2.8.1	Arquitectura de la red GPON	39
Ilustración 2.9.1	Red Eléctrica y BPL	40
Ilustración 2.10.1	Arquitectura RF-Mesh para AMI	41
Ilustración 2.11.1	Orden de prelación para ejecución.....	43
Ilustración 3.1.1	Arquitectura Global AMI.....	48
Ilustración 3.2.1	Área de cobertura y despliegue $r = 0.5\text{Km}$	50
Ilustración 3.2.2	Esquema Tipo de Conexión Medidor - Concentrador.....	51
Ilustración 3.2.3	Chasis OLT 7342 Alcatel Lucent	52
Ilustración 3.2.4	Tarjeta GPON 4 puertos para OLT 7342	53
Ilustración 3.2.5	ONT indoor modelo I-241	54
Ilustración 3.2.6	ODF indoor 2 puertos GPON.....	54
Ilustración 3.2.7	Splitter 1x128	55
Ilustración 3.2.8	Cable de fibra óptica drop de 2 hilos.....	55
Ilustración 3.2.9	Gateway BPL CXP-LVA-GWYC.....	58
Ilustración 3.2.10	CPE AV-200 por Usuario	59
Ilustración 3.2.11	AP punto - multipunto Lobometric con antena externa 90°	61
Ilustración 3.2.12	Repetidor Mesh OM5P-HS	61
Ilustración 3.2.13	Interfaz inalámbrico - ODU por medidor.....	62

Ilustración 3.2.14 Respaldo de energía	62
Ilustración 3.2.15 Cable FTP multipar	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.3.1 Causas y consecuencias del AMI	17
Tabla 3.1.1 Tecnología Empleada y Eventos	46
Tabla 3.1.2 Sistemas para la gestión de la Distribución y Comercialización relacionados con AMI.....	46
Tabla 3.2.1 Costos de Equipos GPON.....	56
Tabla 3.2.2 Costos de Mano de Obra GPON	57
Tabla 3.2.3 Costos de Equipos BPL	59
Tabla 3.2.4 Costo de Mano de Obra BPL.....	60
Tabla 3.2.5 Costo de Equipos RF-Mesh.....	63
Tabla 3.2.6 Mano de Obra RF-Mesh	64
Tabla 3.2.7 Inversión Inicial por Plataforma	64
Tabla 3.2.8 Operación y Mantenimiento	65
Tabla 3.2.9 Personal Técnico y Administrativo	66
Tabla 3.2.10 Costos varios anuales.....	66
Tabla 3.2.11 Costo anual por eventualidades.....	67
Tabla 3.2.12 Costo total por Implementación	68
Tabla 3.2.13 Matriz Original [MATRIZ_TEC]	69
Tabla 3.2.14 Costo por lecturas mensual - Contratista	71
Tabla 3.2.15 Costo unitario por lecturas a 1000 clientes.....	71
Tabla 3.2.16 Costo anual por lecturas.....	72
Tabla 3.2.17 Costo operativo anual por desconexiones y reconexiones a 1000 clientes.....	72
Tabla 3.2.18 Costo anual por pérdidas No técnicas para 1000 usuarios	73
Tabla 3.2.19 Costo anual por pérdidas técnicas para 1000 usuario (2%)	74
Tabla 3.2.20 Total de Ahorro al implementar AMI	76
Tabla 4.2.1 Resumen beneficios Económicos y Operativos	80
Tabla 4.3.1 Etapas de la propuesta de mejora	83
Tabla 4.3.2 Presupuesto para la aplicación de las etapas de la propuesta de mejora	90
Tabla 4.3.3 Cronograma de ejecución de la Propuesta de mejora.....	91

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

AUTOR: Ing. Luis David Regalado Vega.

RESUMEN

Dentro de las áreas estratégicas del Estado Ecuatoriano se encuentra el sector Eléctrico, en el cual según la LEY ORGÁNICA DEL SERVICIO PÚBLICO DE ENERGÍA ELÉCTRICA, aprobada el 8 de enero del 2015, dentro del TITULO I “Disposiciones Fundamentales” y en su Artículo 2 “Objetivos específicos de la Ley”, expresa los siguiente **“Cumplir la prestación del servicio público de energía eléctrica al consumidor o usuario final, a través de las actividades de: generación, transmisión, distribución y comercialización, importación y exportación de energía eléctrica”**. Para lo cual y tomando en consideración lo expresado anteriormente, con el fin de fortalecer el sector eléctrico, el Estado propone una modernización y estandarización de los procesos de gestión entre sus distintas Empresas Eléctricas de Distribución y en forma particular los procesos de la gestión comercial. Dentro de la gestión comercial y para modernizar la misma, se debe mejorar sus procesos relacionados: con la toma de lecturas, instalaciones, revisiones para el control de pérdidas, recaudación, facturación, etc. Para cumplir con esta modernización se ha planteado por parte del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable MEER, la adquisición e implantación de Medidores Inteligentes y una infraestructura de medición avanzada AMI (Advanced Metering Infrastructure), a más de un sistema de gestión de datos, este último no forma parte de ésta investigación. Este documento presenta un análisis comparativo de los atributos técnicos y económicos de las plataformas de telecomunicaciones existentes en Centrosur que permitan el despliegue de la red de comunicaciones orientadas al segmento FAN de una Smart Grid, para la gestión y operación de medidores Inteligentes y en transformadores de distribución, de clientes especiales y residenciales dentro del área de concesión de la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR.

Palabras claves: FAN, Smart Grid, MEER, AMI, distribución, empresa eléctrica

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

AUTOR: Ing. Luis David Regalado Vega.

ABSTRACT

Within the strategic areas of the Ecuadorian State is the Electricity sector, which according to ORGANIC LAW OF PUBLIC SERVICE OF ELECTRICITY, adopted on January 8, 2015, within the TITLE I "Fundamental Provisions" and in Article 2 " Specific objectives of the Act, "says the next" Meet the provision of public electricity service to the consumer or end user energy through activities: generation, transmission, distribution and marketing, import and export of electricity. Into consideration the above, in order to strengthen the electricity sector, the State proposes a modernization and standardization of management processes between its various Electrical Distribution Companies and particularly their business management processes. Within the commercial management, and in an effort to modernize it, it must improve its related taking readings, facilities, reviews by loss control, collection, billing processes, etc. To meet this modernization has been raised by the Ministry of Electricity and Renewable Energy MEER, acquisition and implementation of Smart Meters and Advanced Metering Infrastructure AMI (Advanced Metering Infrastructure) over data management system; the latter is not part of this research. This paper presents a comparative analysis of the technical and economic attributes of the existing telecommunications platforms that enable the deployment Centrosur network communications FAN oriented segment of a Smart Grid, management and operation of smart meters and distribution transformers , special and residential customers in the concession area of the Regional Electric Company CENTROSUR

Keywords: FAN, Smart Grid, MEER, AMI, distribución, empresa eléctrica,

RESUMEN DE CAPÍTULOS

Capítulo 1 “Planteamiento del Problema”

El presente trabajo de investigación está orientado analizar las diferentes plataformas tecnológicas que posee la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A., para realizar un análisis comparativo entre las mismas y brindar un aporte a la toma de decisiones en cuanto al proyecto que se encuentra en marcha por parte del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables en la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.); donde Centrosur forma parte de las comisiones en la cual se está diseñando, planificando y evaluando todo lo necesario para dicha implementación.

Capítulo II “Marco Referencial”

Se considera una parte fundamental de la implementación de una Smart Grid a nivel de la Distribución de energía el implementar una infraestructura de Telecomunicaciones robusta que nos permita operar y gestionar de forma segura y confiable todo el sistema de distribución eléctrica, para ellos se hace necesario conocer sus estructuras, equipos, especificaciones técnicas, modelos, estándares de todas las tecnologías y temas que se trataran en esta investigación como son: Una Smart Grid, Infraestructura de Medición Avanzada A.M.I., sus diferentes equipos y tecnologías de Telecomunicaciones y conceptos básicos que nos permitirán comprender de manera sencilla este trabajo.

Capítulo III “Metodología de la Investigación”

Mediante los métodos descriptivo y deductivo – inductivo en este capítulo se pudo determinar que la tecnología RF-MESH es la adecuada para la implementación de la infraestructura AMI. Además se realiza la evaluación de todas las variables planteadas, análisis de costos de operación y mantenimiento. Se calcula por plataforma los costos de inversión inicial y se determina las características técnicas básicas para la interoperabilidad con los equipos y sistemas AMI, para finalmente realizar un análisis de costo beneficio de la plataforma seleccionada

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Capítulo IV “Análisis de Resultados”

En este capítulo se evalúa la hipótesis y objetivos planteados, en base a los datos obtenidos en el capítulo anterior. Se analizan por separados los datos técnicos y datos de económicos obtenidos para determinar criterios que justifiquen su aplicación. Consecuentemente se procede mediante el diagrama de ISHIKAWA a determinar las causas y sub causas que afectan al problema planteado; para finalmente realizar una propuesta de mejora a la plataforma que se encuentra en operación al momento en Centrosur.

Capítulo V “Conclusiones y Recomendaciones”

Se concluye de manera general que la propuesta de mejora permite tener un lineamiento claro para cualquier proyecto del MEER, Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, que involucre una selección de plataformas de telecomunicaciones y finalmente que este estudio ha permitido constatar que en Centrosur es importante identificar oportunamente la plataforma que más se adecua a la infraestructura AMI, por cuanto se prevé que en un futuro esta infraestructura de medición avanzada se masificará a nivel de todos los clientes residenciales.

CAPÍTULO 1.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 UBICACIÓN DEL PROBLEMA EN UN CONTEXTO

1.1.1 ANTECEDENTES

El presente trabajo de investigación está orientado analizar las diferentes plataformas tecnológicas que posee la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C.A., para realizar un análisis comparativo entre las mismas y brindar un aporte a la toma de decisiones en cuanto al proyecto que se encuentra en marcha por parte del Ministerio de Electricidad y Energías Renovables en la implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.); donde Centrosur forma parte de las comisiones en la cual se está diseñando, planificando y evaluando todo lo necesario para dicha implementación.

La Empresa Eléctrica Regional Centrosur, es una compañía distribución y comercialización de energía que se encuentra a la vanguardia de la tecnología en cuanto a su infraestructura de Distribución Eléctrica, Telecomunicaciones y sus TI. Al momento se encuentra constituida jurídicamente como una Compañía Anónima, de capital mixto, es decir, posee Capital Público y Capital privado, en la cual sus mayores Accionistas son el Ministerio de Electricidad y Energía Renovables (MEER) y Gobierno Provincial del Azuay, por parte de los accionistas minoritarios su representante es la Alcaldía de Cuenca.

Centrosur se encuentra ubicada en la ciudad de Cuenca, sector de Monay, en las avenidas Max Uhle y Pumapungo esquina, la misma que da inicio a su vida jurídica el 11 de septiembre de 1950 como “Empresa Eléctrica Miraflores S.A.”. Posteriormente el 27 de julio de 1979 cambia su denominación a “Empresa Eléctrica Regional Centro Sur C.A.”, donde se establece su área de servicio, cubriendo la mayor superficie de la provincia de Azuay y Cañar. En este año su mayor accionista sería INECEL.

En el año 1999, Centrosur sufre grandes cambios, debido a un mandato legal, debiendo dividirse por cuanto hasta ese momento también poseía la parte de generación dentro de la empresa. Siendo la única empresa a nivel del país en acatar dicho mandato hasta el momento; se divide en el mes de agosto en donde nace la Empresa Electro

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Generadora del Austro S. A. debiendo Centrosur cambiar su objeto social a la Distribución y Comercialización, dejando de lado la parte de generación.

Desde entonces la empresa se ha caracterizado por ser una de las empresas modernas por su cumplimiento de las normas e inversiones en tecnología de vanguardia para una mejor administración empresarial, implementando herramientas de gestión que han permitido optimizar sus resultados como empresa, situando como una de las mejores a nivel nacional.

Finalmente en el 2008, con el afán de aprovechar su infraestructura comercial y tecnológica y con el objetivo de disminuir la brecha digital, que al momento afectaba a la región y el País, agrega al objeto social la prestación de servicios de Internet, datos y otros de valor agregado. Obteniendo previamente todos los permisos correspondientes de los entes reguladores, SUPERTEL y SENATEL.

Considerando el trabajo realizado por la Empresa Eléctrica Centrosur C.A. en cuanto a la gestión, manejo y control de la energía en su fase inicial, esta, se desarrollaba en forma manual hasta la actualidad, en ciertos casos, este proceso consiste en el despliegue del personal, equipos y demás recursos necesarios, en base a los cuales permite conseguir la información apropiada para la gestión de la energía y atención de algún requerimiento o incidencia a nivel eléctrico.

Posteriormente, tratando de actualizar a las tecnologías del momento se implementó la telemedición, proceso que consiste en obtener los resultados registrados en el equipo de medición en forma remota pero al final de cada jornada y no en tiempo real, siendo este un sistema no bidireccional, inseguro y dependiente de terceros, en algunos casos.

Finalmente con el propósito de utilizar nuevas tecnologías que nos permita modernizar procesos con la finalidad de optimizar recursos tanto en costos como en tiempo y por cuanto hasta en la actualidad se han considerado solamente métodos tradicionales e imprecisos y no en tiempo real dentro de la gestión de la energía, manejo de la calidad, pérdidas, y la supervisión y operación de la distribución de la energía eléctrica. Centrosur por medio de un proyecto a nivel nacional está en un proceso evolutivo en cuanto a la implementación de una Red Inteligente o “Smart Grid” que permitirá la automatización de la Distribución eléctrica mediante la cual se implementará una plataforma o Infraestructura de medición Avanzada “A.M.I”, la

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

misma que garantizará un intercambio oportuno de información entre la Empresa – consumidor y terceras partes.

El sector Eléctrico ecuatoriano ha tenido una gran inversión, por parte del gobierno nacional, para su desarrollo y mejoramiento de sus sistemas y redes de energía. En la actualidad existen varios proyectos paralelos que se están realizando como es el proyecto de COCCIÓN EFICIENTE, referente a la implementación de las cocinas de inducción a nivel nacional para lo cual Centrosur debe realizar mejoras y repotenciaciones en sus redes de distribución. También a nivel nacional se encuentran instalando el nuevo sistema SCADA Nacional y la Plataforma de Gestión y Operación para la Distribución OMS-DMS, los cuales permitirán la gestión y operación remota de todas las redes de Distribución del País, siendo esto un avance significativo en el proceso de implementación de una Red Inteligente o Smart Grid.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se considera para Centrosur el AMI como una plataforma que importante que permitirá reducir los costos de operación y mantenimiento, mediante la medición avanzada apoyándose en nuevos equipos de medición y sistemas de Software adaptados para las telecomunicaciones, facilitando a las Empresa y sus usuarios se aprovechen del avance tecnológico tanto en costos como en servicio, además admitirá una integración total de tecnologías del sector eléctrico y las telecomunicaciones.

El problema actual de Centrosur se basa en la elección de la plataforma tecnológica de telecomunicaciones que preste las mejores características económicas y técnicas para la implementación de la infraestructura AMI a los clientes residenciales, ya que en la actualidad existe una gran variedad de tecnologías y sistemas que pueden ser utilizadas con esta finalidad, no obstante no está determinada una plataforma específica para la aplicación del AMI.

En consideración a lo expuesto, se ve como necesidad realizar un estudio que nos permita seleccionar una adecuada plataforma tecnológica de Telecomunicaciones en lo que corresponde al enlace de última milla o FAN, de sus siglas en ingles Field Área Network, que no es más que el enlace desde los equipos Concentradores a los diferentes usuarios del servicio eléctrico o equipos que requieran gestión de su operación dentro de

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

la red de distribución eléctrica , pueden ser estas redes Residenciales, Industriales y de Negocios; donde la operación de estas últimas sería de total responsabilidad del cliente, por lo que las redes internas de los usuarios con la red externa de Centrosur deberán tener toda la interoperabilidad entre ellas, obedeciendo al modelo de referencia para la Interoperabilidad de la Red Eléctrica Inteligente, de sus siglas en ingles SGIRM.

1.3 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

¿Cuál es la plataforma tecnológica de telecomunicaciones más adecuada que permita operar los servicios AMI dentro de una Red Inteligente o Smart Grid?

Sistematización:

¿Cuáles es la inversión para cada una de las Plataformas de Telecomunicaciones que se analizarán?

¿Cuál será el costo beneficio que brindará la Plataforma de Telecomunicaciones elegida luego del análisis respectivo?

¿Cuáles son las Plataformas de Telecomunicaciones que actualmente operan en Centrosur y que podrían ser utilizadas en el AMI?

¿Cuál es la disponibilidad del servicio en cada una de las diferentes Plataformas de Telecomunicaciones?

¿Qué modelo (RURAL/URBANO) que se empleará para el análisis de las plataformas tecnológicas inalámbricas que permiten operar una arquitectura FAN?

¿Cuáles son o serían los requerimientos de capacidad de información o throughput que manejarían los enlaces en el presente y una proyección a diez años?

¿Cuáles serían los requerimientos en tiempos de latencia que deberían manejar este tipo de enlaces?

¿Cómo identificar los niveles de cobertura que debería utilizar la arquitectura FAN, para su correcto funcionamiento?

¿Cuáles serían los requerimientos de seguridades que deberían manejar la arquitectura FAN?

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 1.3.1 Causas y consecuencias del AMI

CAUSAS	CONSECUENCIA
Mucha variedad de plataformas tecnológicas de telecomunicaciones	Costos y gastos innecesarios para la empresa al adquirir tecnologías que no sea la adecuada para los requerimientos de la empresa en la implementación del AMI.
La lectura del consumo de forma manual causa errores en la facturación.	La lectura imprecisa o en casos estimada por los contratistas causa re facturaciones del consumo. Siendo esto pérdidas para la empresa en cuanto a mayores costos de medición y re-facturación.
Incrementos no contabilizados de costos de Operación a nivel de la distribución eléctrica.	En cuanto a la disponibilidad del servicio, no se puede determinar la falla si es puntual o de un sector específico, por lo que se moviliza cuadrillas en ciertos casos de forma innecesaria.
No se tiene control exacto de las pérdidas técnicas y no técnicas a nivel del sistema de distribución de energía eléctrica.	Debido a hurtos de energía, falla en toma de lecturas, falta de precisión en los equipos de medición, errores de facturación, valores estimados que se facturan por temas como: alumbrado público, vallas luminosas, clientes sin contadores, etc.
No se tiene control de la calidad de la energía.	Medidores actuales sin función de dar información en tiempo real en cuanto a la calidad de la energía, ejemplo Armónicos, transitorios, desfases, carga, corrección de factor de potencia. Se realiza con otros equipos y en sitio, para lo cual se desplaza personal.
Falta de calidad en los niveles de Tensión	El no tener información en tiempo real y oportuno de transformadores con sobrecarga hace que sus parámetros por

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

	normativas no sean los correctos y el nivel de tensión no sea el adecuado.
La Planificación del crecimiento de la red eléctrica no es real y coherente.	Con los datos en línea y reales de las curvas de carga y estadísticos de consumo, se puede realizar mejoras en el sistema de distribución.
Disminución de costos operativos a nivel de telecomunicaciones.	La mala selección de una plataforma de telecomunicaciones puede incurrir en gastos innecesarios para el soporte y mantenimiento de la misma.

Fuente: Archivos del autor, 2015

Elaborado por: El autor

1.4 DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Centrosur actualmente mantiene operando tres plataformas de telecomunicaciones, GPON, BPL y RF-MESH y es sobre estas tecnologías que se basará el análisis comparativo de este trabajo.

Campo: Automatización de la Distribución de energía eléctrica

Área: Telecomunicaciones

Aspecto: Impacto técnico - económico

Es oportuno delimitar el problema y para que esto suceda y sea más preciso, se ha considerado adicionalmente los siguientes aspectos:

DEFINIDO: El presente problema se encuentra delimitado a un caso de estudio a nivel de la Empresa Eléctrica Regional Centrosur y su área de concesión, de forma adicional se ha considerado separar en escenarios de estudio para evaluar las tecnologías de telecomunicaciones y considerar sus ventajas. Cabe indicar que la Automatización de la Distribución es un proyecto a nivel nacional, pudiendo ser este documento una guía para las demás empresas de Distribución a nivel del País ya que se podría replicar las buenas practicas realizadas por Centrosur y sus experiencias en cuanto al diseño, manejo y gestión de las Telecomunicaciones.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

CONCRETO: La presente investigación se ha redactado de forma clara y específica permitiendo al lector comprender de manera directa el tipo de investigación y la orientación que se pretende transmitir.

VIABLE: El presente estudio es factible debido a que es un proyecto del Ministerio de Electricidad que mediante la Gerencia SIGDE ha gestionado la implementación del servicio AMI y la Automatización de la Distribución eléctrica que es un requisito en el objetivo principal de todas las empresas del sector eléctrico nacional de que sus redes evolucionen hacia una Smart Grid o Red inteligente.

1.5 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 OBJETIVO GENERAL

Analizar las diferentes plataformas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permitan operar la infraestructura AMI en la CENTROSUR C.A.

1.5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.- Determinar los parámetros técnicos básicos para seleccionar una adecuada plataforma de telecomunicaciones a usarse en la Centrosur.
- 2.-Analizar y comparar atributos técnicos, económicas y de infraestructura de las diferentes plataformas de Telecomunicaciones de Centrosur.
- 3.- Determinar la relación costo beneficio en la aplicación de la plataforma de telecomunicaciones seleccionada.

1.6 HIPÓTESIS

La elección de una adecuada plataforma de telecomunicaciones para la implementación de la infraestructura AMI traerá consigo beneficios económicos y operativos para la Empresa Eléctrica Regional Centrosur.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

1.7 VARIABLES

1.7.1 Variable Independiente

- Plataforma de Telecomunicaciones.

1.7.2 Variables Dependientes

- Inversión Inicial
- Costos de operación y mantenimiento
- Características técnicas de los sistemas

1.8 JUSTIFICACIÓN

1.8.1 Justificación Teórica

En vista de la necesidad de las diferentes empresas de distribución de energía eléctrica de implementar una de red inteligente o “Smart Grid” que permitirá entre otras cosas mejorar el servicio a los clientes por cuanto se puede tener lecturas en línea, una facturación sin errores, recuperar energía por pérdidas no técnicas e identificar posibles puntos de falla que generan pérdidas técnicas, a más de automatizar la distribución de la energía; se hace necesario este estudio que permitirá comparar las diferentes plataformas de Telecomunicaciones existentes en Centrosur y algunas que operan en el área de concesión, con el objetivo de implementar el servicio AMI a nivel de varios segmentos de la empresa y analizar las ventajas en cuanto a costo-beneficio de cada una de ellas.

1.8.2 Justificación Metodológica

Se analizará especificaciones técnicas, económicas y de infraestructura de cada una de las plataformas de telecomunicaciones para la mejor operación del servicio AMI. Se estimará los costos de inversión y operativos para la implementación de cada plataforma. Además, se dispondrá de datos comparativos que justifique la utilización de la mejor Plataforma.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

1.8.3 Justificación Práctica

Se dispondrá de un estudio detallado que oriente a las Empresas Distribuidoras de Energía Eléctrica optar por una adecuada plataforma de Telecomunicaciones que permita una operación estable del AMI dentro de su red inteligente o Smart Grid.

CAPÍTULO 2.

MARCO REFERENCIAL

2.1 INTRODUCCIÓN

Hablar de una Smart Grid o Red Inteligente de un Sistema Eléctrico de Potencia, es muy complejo, por ser un modelo que abarca un campo muy amplio y varios segmentos del Sistema Eléctrico de un País, el mismo que pretende automatizar todos estos como son la Generación, Distribución y Comercialización del servicio de energía por lo que involucra una evolución y repotenciación a nivel macro de todas sus redes de Distribución, equipamiento, subestaciones, Sistemas de Protección, Sistemas de Medición, Sistemas de Calidad, Sistemas de Gestión SCADA, sus Tecnologías de Información y como parte importante de este estudió sus Tecnologías de Telecomunicaciones.

Se considera una parte fundamental de la implementación de una Smart Grid a nivel de la Distribución de energía el implementar una infraestructura de Telecomunicaciones robusta que nos permita operar y gestionar de forma segura y confiable todo el sistema de distribución eléctrica, para ellos se hace necesario conocer sus estructuras, equipos, especificaciones técnicas, modelos, estándares de todos las tecnologías y temas que se trataran en esta investigación como son: Una Smart Grid, Infraestructura de Medición Avanzada A.M.I., sus diferentes equipos y tecnologías de Telecomunicaciones y conceptos básicos que nos permitirán comprender de manera sencilla este trabajo.

2.2 MARCO TEÓRICO

Dentro de las Telecomunicaciones y la Infraestructura de Medición Avanzada A.M.I. existen un sin número de factores de índole tecnológico que nos podrían explicar la tendencia que están presentando al momento estos componentes. Para tener una base de las características y estructuras es importante conocer ciertos estudios entre ellos los siguientes:

2.2.1 DISEÑO Y ARQUITECTURA DE UNA SMART GRID

(Boal, 2010), explica en su documento, que la generación y el transporte convencionales de todas las redes eléctricas se están convirtiendo en millones de nodos interconectados. Consecuentemente explica que electricidad generada en las plantas tradicionales tiene que ser sustituida por la generación distribuida, sistemas de energía renovable, también por la gestión activa de la demanda y técnicas de almacenamiento de energía. Dejando a los clientes finales como un simple receptor pasivo de electricidad, quienes lograrán convertirse, al mismo tiempo, en fuentes y consumidores de energía.

Es valioso destacar el papel que cumplen las tecnologías de la información y las comunicaciones, TICs de sus siglas Tecnologías de la información y Comunicaciones, para adaptarse con la red eléctrica. Varias publicaciones indican que para el año 2020 estas redes se habrán convertido en interactivas, asemejándose cada vez al modelo de Internet, tanto para el proceso de la generación como para la distribución hacia sus clientes.

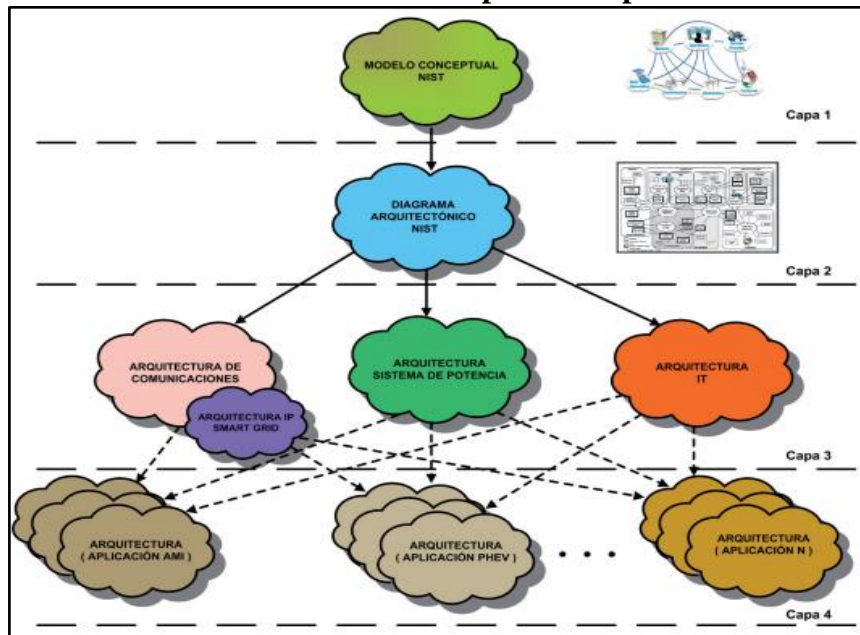
Esta interacción entre las redes permitirá a las Empresas Públicas de Distribución del Ecuador tomar decisiones, mediante un control distribuido a través de los nodos que tiene el sistema, permitiendo que la información sea de manera bidireccional.

Por lo antes mencionado, a una red inteligente se le puede considerar como un gran sistema de sistemas, que puede expandirse a cada uno de todos estos dominios que fueron definidos por el NIST.

En la publicación de (Sonoma Innovation, 2009a - 2009b), plantea una metodología de diseño de cuatro niveles, Ilustración 2.2.1 Modelo de cuatro niveles para la implantación de Smart Grid, en la que en los dos primeros niveles encontramos el modelo conceptual y la arquitectura del NIST.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.2.1 Modelo de cuatro niveles para la implantación de Smart Grid



Fuente: Adaptado de: 4-Layers Architecture Smart Grid Model (Sonoma Innovation, 2009b, p 4)

Elaborado por: El autor

En el nivel 2 que son los bloques del marco de interoperabilidad para Smart Grid, del cual se proyecta el siguiente nivel 3, en el cual se menciona sus tres áreas esenciales: los sistemas de energía y potencia, la arquitectura de TICs y la de comunicaciones.

Al marco conceptual del NIST se sitúa en un nivel más alto y extenso, el mismo que proporciona los aspectos técnicos de la interoperabilidad, con más detalle; a más de presentar todos los diseños de los modelos y requerimientos de una determinada variedad de soluciones.

IEEE 2030-2011 MODELO DE REFERENCIA PARA LA INTEROPERABILIDAD DE UNA RED INTELIGENTE DE TECNOLOGÍAS ENERGÉTICAS Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN, DENTRO DE UN SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA, APLICACIONES PARA USUARIOS FINALES Y CARGAS.

Este modelo de referencia es un estudio completo realizado por la IEEE, para este caso podemos expresar ciertas generalidades de manera que se pueda entender la función que cumple esta investigación, para lo cual de manera normal se puede explicar que el enfoque general de redes inteligentes según el documento IEEE 2030-2011 son:

- Una Smart Grid comprende la integración sistemas de energía, comunicaciones y tecnologías de la información para brindar un mejor servicio en una infraestructura de un sistema eléctrico de potencia, al mismo tiempo apoya una evolución continua de las aplicaciones para el usuario final.
- La infraestructura de un sistema eléctrico de potencia se ha interpretado tradicionalmente en términos de plantas, centrales eléctricas y estaciones que proporcionan electricidad a los clientes o consumidores. En la forma tradicional los clientes son atendidos sin mucha administración o el control del consumo de electricidad, de igual forma sus mediciones se las realiza de manera presencial en sus domicilios o puntos de interés para las distribuidoras.
- Como la tecnología comenzó a evolucionar, la gestión y control de los equipos y consumidores evolucionaron, esto incluye el equipo tecnológico para ambas partes, que se establecieron ya sea para operar de manera continua o para controlar determinados parámetros, de esta manera se comunicaría dicha información para los controladores, equipos o personas, para emplear algún método o modo de gestionar el consumo de electricidad o la entrega de la misma.
- Como consecuencia que la tecnología se desarrolló, los recursos distribuidos, generadores eléctricos y sistemas de almacenamiento, se interconectan para el sistema de potencia.
- En la actualidad, las comunicaciones y los sistemas de información permiten a un sistema de energía moderna, ser más inteligente y tener un enfoque de red inteligente integrada. Las redes inteligentes totalmente automatizadas pueden permitir opciones productivas a los operadores de servicios públicos y clientes, por cuanto mejorarían la confiabilidad del sistema eléctrico y de manera segura la utilización eficiente de los activos.
- La interoperabilidad es la capacidad de dos o más redes, sistemas, dispositivos, aplicaciones o componentes para intercambiar el exterior y utilizar la información de manera fácil, segura y efectiva.
- La interoperabilidad de una Smart Grid ofrece a las organizaciones la capacidad de comunicarse de manera efectiva y transferir datos significativos, a pesar de que pueden estar usando una variedad de diferentes sistemas de

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

información sobre diferentes infraestructuras, la mayoría de veces a través de diferentes regiones geográficas y culturas.

Por lo antes mencionado la interoperabilidad de redes inteligentes se asocia generalmente de la siguiente manera:

- **Componentes de hardware / software.-** Son sistemas y plataformas que permiten la comunicación que tiene lugar entre máquinas. Este tipo de interoperabilidad a menudo se centra en comunicación, protocolos y la infraestructura necesaria para que dichos protocolos puedan operar.
- **Los formatos de datos.-** Esto se da cuando los mensajes transmitidos por los protocolos de comunicación necesitan una sintaxis y codificación bien definida.
- **Interoperabilidad en el nivel de contenido.-** Es una comprensión común del significado del contenido que se intercambia.

Algo que se deba considerar que ocurrirá con la interoperabilidad de la red inteligente es que permitirá a los servicios públicos, los consumidores y otras partes interesadas en estos sistemas, la compra de hardware y software en el mercado y con mucha facilidad lo incorporen en las diferentes áreas de su red, es decir va a trabajar con otros componentes de red inteligente. La diversidad de la evolución de las tecnologías de redes inteligentes destinados a ser utilizados en toda la red eléctrica, desde la transmisión hasta la distribución y, en última instancia, a los dispositivos utilizados en las instalaciones de los clientes, por lo que se puede deducir que se plantean retos importantes para lograr la interoperabilidad.

Para concluir en una transición de redes heredadas en la infraestructura de energía eléctrica a más de inteligente y segura, se deben considerar los objetivos de redes inteligentes, los cuales deben atender las necesidades de todos los involucrados incluidos los clientes y las comunidades, a más de poder desarrollar un enfoque de red inteligente basada en estándares y soluciones flexibles e interoperables para los procesos del negocio eléctrico.

INVESTIGACIÓN “VISIÓN IEEE DE COMUNICACIONES PARA SMART GRID HASTA EL 2030 Y MÁS ALLÁ”.

Este es otro estudio muy completo e importante que proyecta soluciones para una red inteligente hasta el año 2030 y más; del cual destacaremos a continuación ciertos temas para un mejor entendimiento de este documento:

- **SMART GRID DEL FUTURO: VISIÓN PARA EL AÑO 2030**

La electricidad es la línea de vida de una civilización, en la mayoría de las partes del mundo, durante todo el tiempo de nuestras vidas hemos dependido a gran medida de la energía eléctrica de manera que es difícil imaginar la vida moderna, sin ella.

La electricidad es vital para la operación de otras infraestructuras, como el agua y el transporte dependen en gran medida de ella. Los apagones a gran escala que ha ocurrido en estos últimos años han demostrado el papel fundamental que la electricidad juega en nuestra calidad de vida y la productividad. Más importante, estos apagones han confirmado la demanda creciente de tensión en la red y su consecuente fragilidad cuando se enfrentan a este tipo de perturbaciones.

Las operaciones de la red eléctrica fundamentales no han cambiado mucho desde la década de 1930, y las comunicaciones de datos que apoyan a la misma, mediante diferentes medios, fue introducida en la década de 1970. Cabe indicar que aunque la infraestructura general sigue siendo la misma, algunas tecnologías han cambiado desde entonces, y el ritmo del cambio ha aumentado considerablemente en las últimas décadas.

Una cuestión importante de ingeniería es la integración de las energías renovables, como la eólica, el agua y el sol, en la red. Estas fuentes de alimentación están normalmente sujetas a las condiciones ambientales, que introducen variabilidad significativa en la oferta. Además, tienen diferentes características de potencia, y más aún no se conoce bien cómo su dinámica afectará a la red.

Si las fuentes de energía renovables se convierten en una gran parte del futuro de la generación de energía, con las prácticas actuales, el impacto en la dinámica de funcionamiento de la red de energía podría llegar a ser insostenible. Parte de la solución

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

es apoyar un flujo bidireccional de energía eléctrica, para permitir a los consumidores a participar en la generación de energía a través de fuentes del hogar, micro-energía, como paneles solares y turbinas de viento, etc. Además, la red debe implementar métodos de respuesta a la demanda.

Los consumidores se beneficiarán de la participación en respuesta a la demanda mediante la reducción de sus pagos de electricidad, ya sea por el cambio de uso en períodos de precios bajos o a través de incentivos por parte de las empresas de servicios públicos del gobierno.

Existen otros beneficios operacionales y de fiabilidad a través de una menor probabilidad de cortes o apagones. La flexibilidad de la demanda reducirá la potencia de los generadores de energía eléctrica, reflejándose esta en la reducción de precios, en condiciones de carga máxima, otros beneficios ambientales incluyen evitar la construcción de nuevas instalaciones costosas y que afecten al medioambiente.

Las tecnologías de comunicación también deben ser utilizadas para rediseñar la red y soportar las nuevas funciones de una Smart Grid, así como para aumentar la capacidad de resistencia a una amplia gama de anomalías.

La red de energía también se enfrenta a amenazas maliciosas internas y externas. Los avances en los sistemas de comunicación y tecnologías, incluida la gestión, el monitoreo y mantenimiento en tiempo real, ayudarán a mitigar estas amenazas. Es decir, a medida que aumenta la complejidad de la red, tenemos que ser conscientes de nuevas vulnerabilidades que pudieran surgir a causa de ella.

- **TECNOLOGÍAS DE LA COMUNICACIÓN PARA AMI DENTRO DE UNA SMART GRID**

Existen varios medios de comunicación que proporcionan una conexión entre el equipo y los dispositivos en un sistema Smart Grid. Este documento explica cuáles son los lineamientos en cuanto a los requisitos para las tecnologías de comunicación, de esta forma poder responder a las necesidades futuras de una red inteligente.

Una red inteligente proyectada hacia el futuro requerirá una infraestructura de comunicaciones mucho más avanzada que la tecnología existente hoy en día;

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

centrándose en las tecnologías diseñadas para satisfacer las necesidades de diversos sistemas de comunicación para el futuro de una Red Inteligente o Smart Grid.

Un sistema de potencia emplea diversos tipos de comunicación dentro de las redes de acceso público: tecnologías alámbricas dedicadas y sistemas inalámbricos, por ejemplo, microondas junto a las líneas de transmisión, a más de PLC, en donde los flujos de datos se transmiten a través de la red eléctrica existente.

Para cumplir la misión de tener una Smart Grid, la red de telecomunicaciones debe tener la capacidad de conectarse a un conjunto diverso de equipos de una manera transparente. Permitiendo expandir las operaciones para un excelente servicio al cliente, consecuentemente la red debe ser capaz de conectar y servir a las operaciones de control de un sistema complejo de distribución, para lo cual debe tener gran ancho de banda y baja latencia para apoyar la recopilación masiva de datos en tiempo real y de esta manera poder optimizar la red. De manera adicional y como se conoce también debe abarcar vastas regiones geográficas y terrenos complejos, a más de ser altamente fiable y segura.

Es necesaria una red que pueda cumplir con los retos antes mencionados, este será probablemente un sistema complejo, posiblemente la incorporación de múltiples medios de comunicación entre sí, es decir se utilizaría sistemas híbridos. Para este caso de estudio solo se analizará las plataformas que operan en Centrosur y en su área de concesión, mismas que se presume que tendrá mucha probabilidad de tener un rol importante en el futuro de una red inteligente.

- **MEDIOS O SISTEMAS INALÁMBRICOS**

Los sistemas inalámbricos en el presente y en el futuro, son y serán una pieza clave en la evolución de una Smart Grid, a más de contribuir de manera importante en la medición. Existen varios sistemas y plataformas que se han desplegado y están operando sin ningún problema, otros se encuentran en etapas de evaluación. Cabe recalcar que en el mercado se cuenta con tecnologías que son muy diferentes, debido a que utilizan diferentes bandas y tienen soluciones propietarias.

2.3 MARCO CONCEPTUAL

Para tener una interoperabilidad entre los equipos que forman parte de una red de distribución y una infraestructura de Medición Avanzada AMI y estas a su vez conformar una Smart Grid o red inteligente robusta y confiable, debemos conocer sus modelos y estructuras.

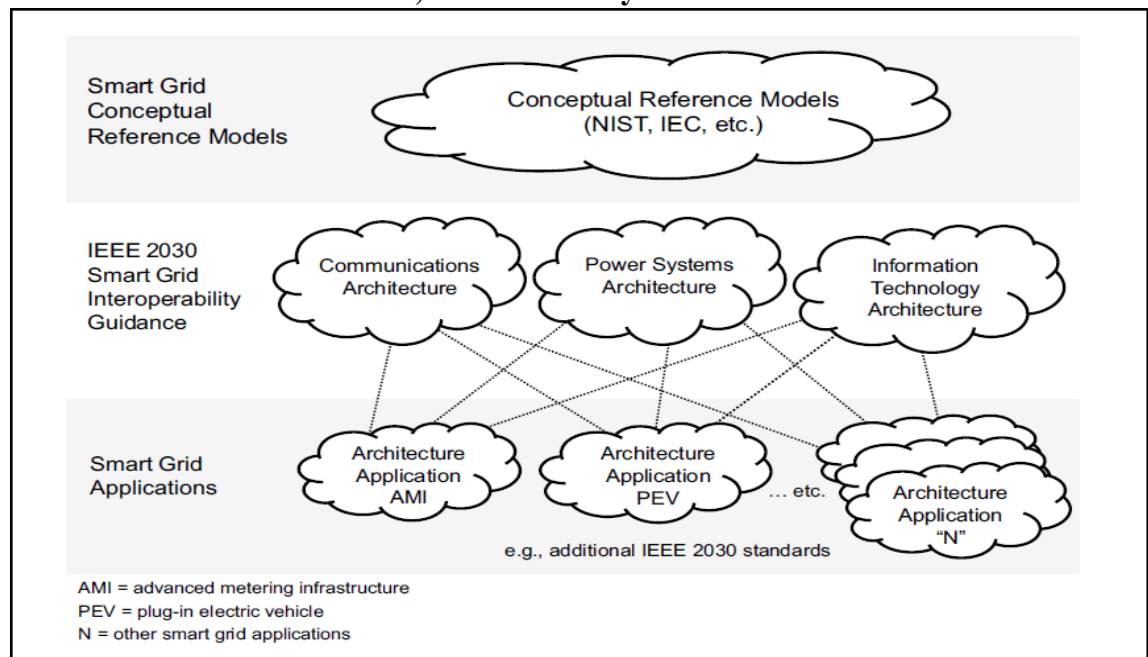
2.3.1 SMART GRID

Hasta el momento no existe una definición general y consensuada a nivel mundial sobre una Red Inteligente o Smart Grid, se puede encontrar una gran variedad y cantidad de definiciones que van acordes a la situación de estudio o investigaciones que exponen. A continuación se presentan las que se ha podido considerar las más relevantes:

- Según el estándar IEEE 2030-2011 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, IEEE, el Smart Grid o las redes eléctricas inteligentes es un sistema complejo que incluye varios sistemas que a su vez estos operan de una forma interrelacionada, los cuales conforman un dominio de estándares o NIST por sus siglas del inglés (National Institute Standards and Technology), donde estos dominios se constituyen en un modelo que está formado de tres capas o arquitecturas: 1) la capa de sistemas de energía, 2) la capa de comunicaciones y 3) la capa de tecnología de la información y computación. Este modelo es conocido como el Modelo de Referencia para la Interoperabilidad de la Red Eléctrica Inteligente (SGIRM de sus siglas del inglés Smart Grid Interoperability Reference Model), el cual se explica de forma detallada en la IEEE estándar 2030. Ilustración 2.3.1 Smart Grid, modelo NIST y IEEE Estándar 2030 del 2011

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.3.1 Smart Grid, modelo NIST y IEEE Estándar 2030 del 2011



Fuente: The Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (2011). *Vision for Smart Grid Communications: 2030 and Beyond*. New York

Elaborado por: El autor

- Existe otra investigación de una Maestría de Sistemas Eléctricos de Potencia, de la Universidad Estatal de Cuenca, en la cual extrae y traduce una definición de Smart Grid que reza en una acta conocida como EISA de sus siglas en inglés (Energy Independence and Security Act) del 2007 que define a una Smart Grid como: “La modernización de los Sistemas de Transmisión y Distribución de electricidad para mantener una infraestructura eléctrica segura y confiable que pueda soportar el crecimiento de la demanda en el futuro”¹, tomando textualmente la traducción de este trabajo. (Brito, 2011).
- (Boal, 2010), explica que existe una aceptación entre todos al respecto sobre su objetivo principal: el proyecto de una Smart Grid pretende desarrollar una red eléctrica de potencia muy eficiente y confiable, que brinde mayor seguridad y calidad del suministro y que vaya a la vanguardia de todos los desarrollos tecnológicos de la era digital.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

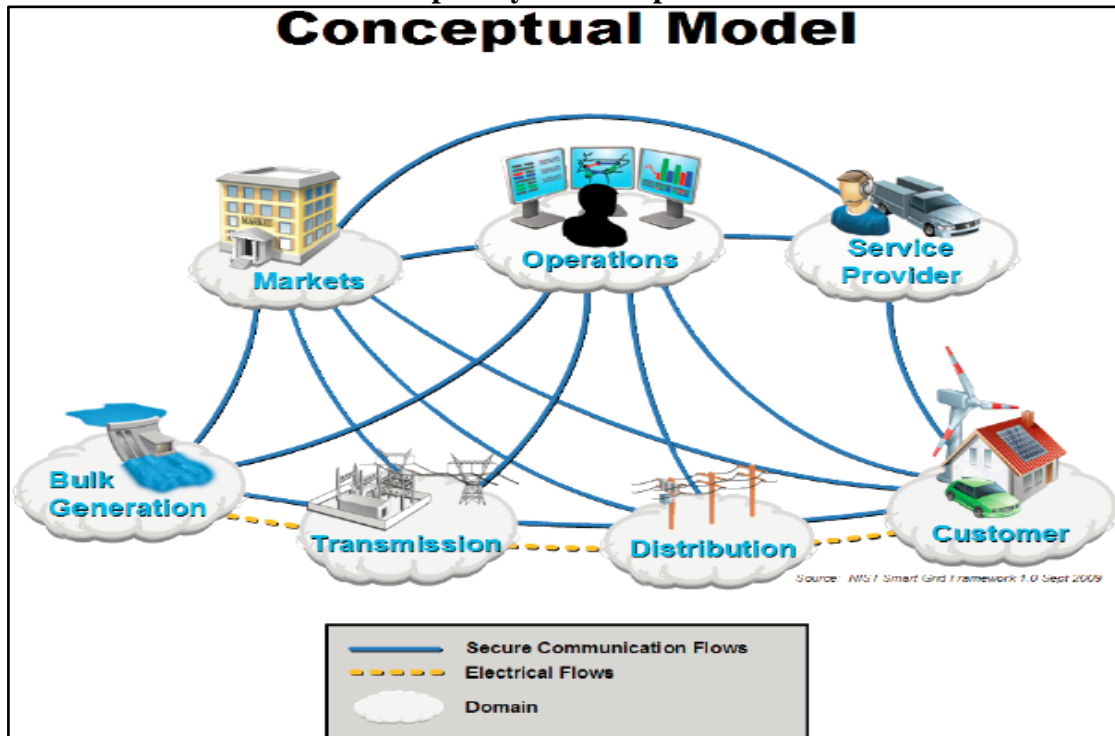
- **MODELO CONCEPTUAL Y LA INTEROPERABILIDAD**

El modelo de la Ilustración 2.3.2 Modelo Conceptual y la Interoperabilidad, permite visualizar la interoperabilidad, los mismos que serán útiles para avanzar en la integración.

El modelo de los dominios se interconecta mediante interfaces de carácter eléctrico o lógicos. En la Ilustración 2.3.2 Modelo Conceptual y la Interoperabilidad, las líneas discontinuas amarillas representan las interfaces eléctricas y con líneas continuas azules, las interfaces de comunicación. Con la posibilidad de que dichas interfaces pueden presentar bidireccionalidad.

Se puede identificar en su parte inferior de la gráfica del modelo, las cuatro áreas en las que se ha subdividido la red eléctrica, como es la: generación, transporte, distribución y consumo, en las cuales la energía fluye en un solo sentido, desde la generación hacia el usuario final. Con el nuevo esquema de Smart Grid, existe el tema de bidireccional e interactividad con el uso de energías renovables.

Ilustración 2.3.2 Modelo Conceptual y la Interoperabilidad



Fuente: Interaction of actors in different Smart Grid Domains through Secure Communication Flows (NIST, 2010a, p.33)

Elaborado por: El autor

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

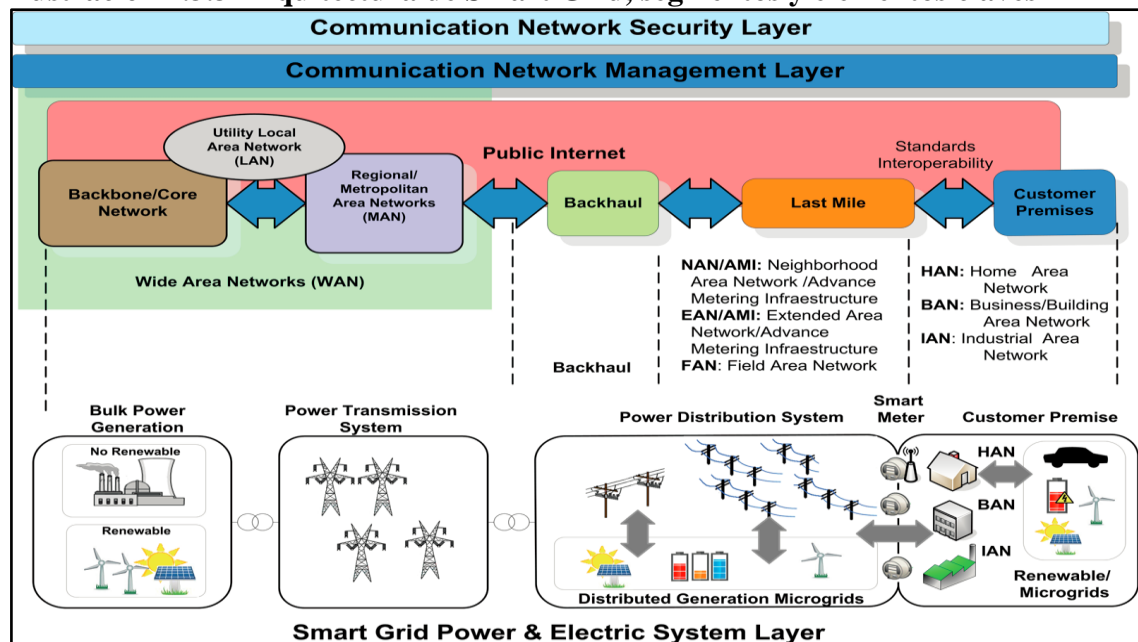
2.3.2 ARQUITECTURA DE COMUNICACIONES SMART GRID-AMI

La arquitectura de comunicaciones de una Smart Grid con sus segmentos claves y elementos que integran la misma, pudiera resumirse como una desagregación del modelo presentado anteriormente de 4 niveles, en el cual en su nivel inferior define a las arquitecturas. En la Ilustración 2.3.3 Arquitectura de Smart Grid, segmentos y elementos claves, se observa los elementos elementales de un sistema de comunicaciones completo, a más de incluir la terminología utilizada, la misma que permite definir la gran variedad de segmentos de la red y sus límites.

Esta segmentación y la delimitación ofrecen un enfoque modular y flexible que permite definir los segmentos de interoperabilidad, las interfaces y elementos para la gestión y operación.

En este estudio se realizará un análisis de las plataformas tecnológicas del segmento FAN de ésta arquitectura, la cual abarcará los enlaces de última milla, sus plataformas y tecnologías que permitan tener una disponibilidad del servicio de 99,95%, asegurando así la confiabilidad de la red y la operación continua de sistema para adquirir los datos en tiempo real.

Ilustración 2.3.3 Arquitectura de Smart Grid, segmentos y elementos claves



Fuente: Infraestructura de comunicaciones para Smart Grid. Adaptado de End-to-End Smart Grid Communications Architecture (Sonoma Innovation, 2009b, p.7)

Elaborado por: El autor

2.3.3 INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA (AMI)

La infraestructura de medición avanzada, AMI, pretende incluir la gestión de todos los equipos de distribución y clientes al sistema eléctrico mediante la integración entre nuevas redes de comunicaciones y sistemas de base de datos con las redes eléctricas convencionales, con el objetivo de proporcionar beneficios importantes para el sector eléctrico ecuatoriano y de igual forma a los consumidores.

(Hart, 2008).- considera que una infraestructura AMI es un sistema de comunicación bidireccional, la misma que está conformada por medidores inteligentes y otros equipos que permiten la gestión de la energía. Permitiendo a las empresas distribuidoras del país responder de manera efectiva e inmediata a las posibles complicaciones que presente la red, como son: las conexiones y desconexiones del servicio, enviar los precios de la electricidad al instante, entre otras operaciones.

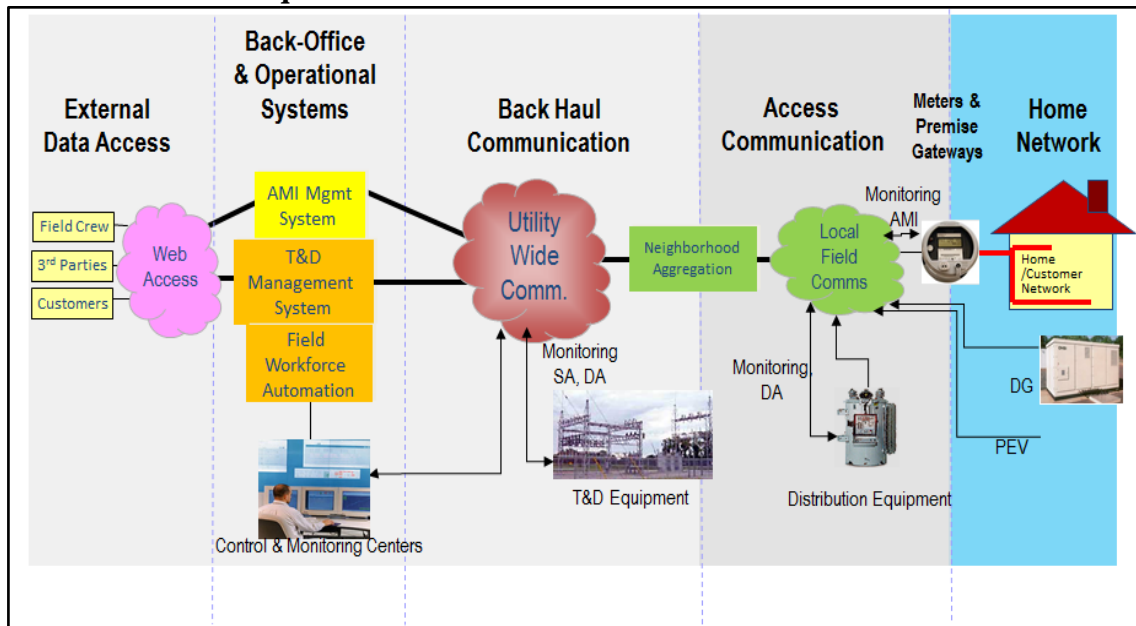
El Automatic Meter Reading (AMR), es un elemento primordial en la infraestructura AMI; a pesar que la gran mayoría de estos equipos de lectura soportan elementos de una red inteligente, los cuales no explotan todo su potencial debido a que trabajan solamente en otros protocolos y estándares de medición específicos.

El mayor desafío en la actualidad es extender por completo IP, Internet Protocol, como un protocolo general que operen en una capa unificada de todos los segmentos de una red inteligente o Smart Grid, ya que al momento se centran en proporcionar mejoras y flexibilidad a varias arquitecturas de comunicación, que al momento se emplea como es la red celular, entre otras redes inalámbricas; pero el objetivo primordial es explotar todo el potencial de Smart Grid. Por lo tanto la red de comunicaciones que se utilice deberá ser compatible con la mayoría de protocolos y aplicaciones de no medición.

Por otro lado, AMI ofrece un sin número de beneficios importantes a futuro, que es la gestión y operación de electrodomésticos y equipos que se encuentren en los hogares, por citar un ejemplo, las empresas eléctricas de distribución, enviarían señales a electrodomésticos inteligentes para advertir sobre costos elevados de energía en ciertos períodos. Estos dispositivos inteligentes podrán disminuir el uso de los electrodomésticos hasta un nuevo período de bajo costo, es decir hasta que finalice la hora pico, o el valor de generación de energía sea menor.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.3.4 Arquitectura de Comunicaciones AMI



Fuente: Internet: http://ewh.ieee.org/cmte/pes/etcc/D_Hart_AMI_for_Smart_Grids.pdf
Elaborado por: El autor

Como se puede apreciar en la Ilustración 2.3.4 Arquitectura de Comunicaciones AMI, el campo de estudio de esta investigación será en las comunicaciones de acceso que permitirán integrar los equipos de Distribución, Monitoreo de la automatización de Distribución, Monitoreo de AMI, y los equipos que medición que se encuentran en el borde de estos.

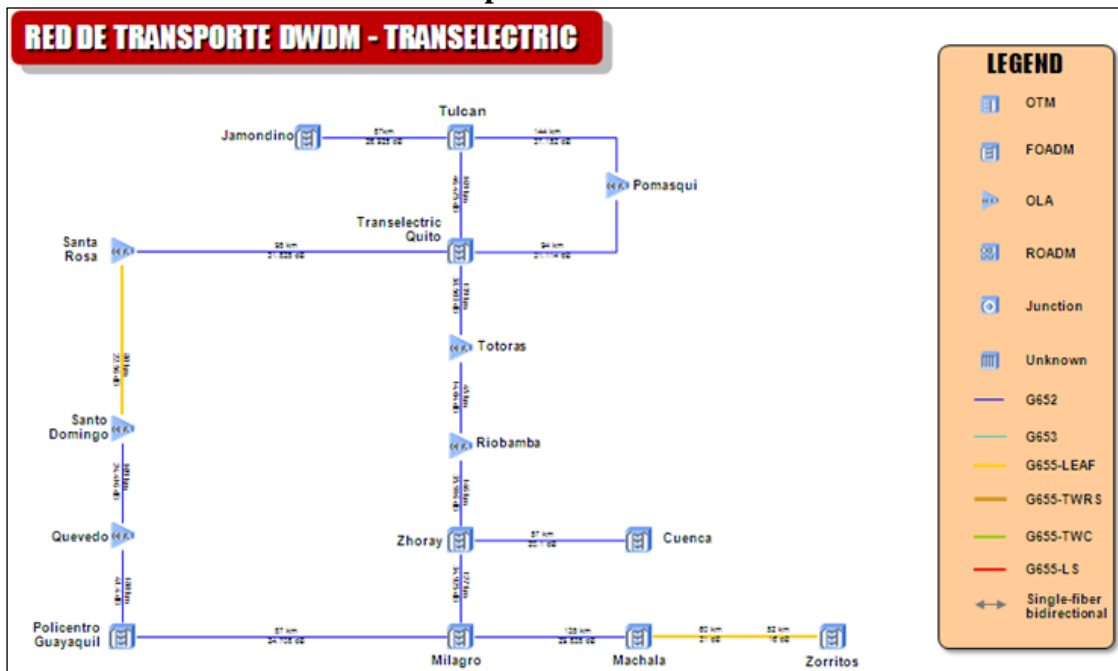
2.3.4 RED NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES RENTSE.

La necesidad principal es la existencia de 2 centros de datos, uno ubicado en Quito y otro en Guayaquil, a los cuales accederán todas las Empresa Distribuidoras para el consumo de sistema informáticos de misión crítica del proyecto SIGDE. Inicialmente se utiliza los centros de datos de la Empresa Eléctrica Quito en Quito y la Empresa Eléctrica Pública de Guayaquil EP en Guayaquil.

Se utiliza la conectividad natural de fibra óptica de la red de la Unidad de Negocio TRANSELECTRIC de la Corporación Eléctrica de Ecuador (CELEC EP). Ilustración 2.3.5- Anillo de Fibra Optica DWM - TRANSELECTRIC. Como se puede observar existe un anillo natural de conexión entre Quito, Guayaquil y Cuenca. Mayoritariamente el tipo de fibra óptica en este esquema es OPGW (Optical Ground Wire), y unos segmentos radiales con cable de fibra óptica autoportado.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.3.5- Anillo de Fibra Óptica DWM - TRANSELECTRIC



Fuente: Memoria general proyecto AMI de Centrosur. (COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL, 2014)

Elaborado por: Autor

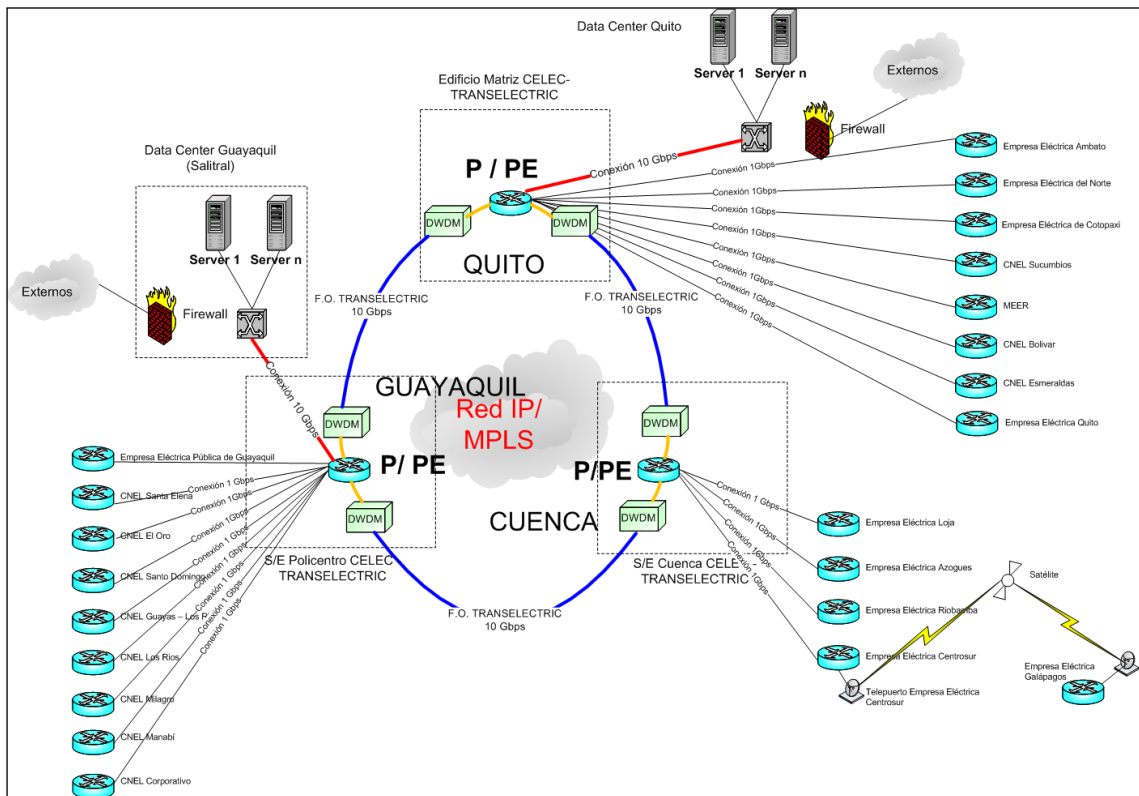
La tecnología de la conectividad de fibra óptica es DWDM, por lo que se dispone del suficiente ancho de banda entre Quito (TRANSELECTRIC Matriz) Y Guayaquil (TRANSELECTRIC Subestación Policentro).

La conectividad se establece por nodos del resto de las Empresas Eléctricas, así el nodo Quito tiene a su cargo: MEER, EE Quito (CNEL- Sucumbíos), EE del Norte, EE Ambato (CNEL Bolívar), CNEL-Esmeraldas y EE Cotopaxi; el nodo Guayaquil: EEP Guayaquil, CNEL-Corporativo, CNEL-Manabí, CNEL-Guayas Los Ríos, CNEL-Sta. Elena, CNEL-El Oro, CNEL-Milagro – CNEL Los Ríos y CNEL-Sto. Domingo; y el nodo Cuenca: EE Centro Sur, EE Sur (Loja), EE Azogues, EE Riobamba y EE Galápagos.

Entre Quito, Guayaquil y Cuenca existe una conectividad a través de una red MPLS (Multiple Protocol Layer System) de 10Gbps y hacia cada distribuidora de 1Gbps. Como se aprecia en la Ilustración 2.3.6 Red Nacional de Telecomunicaciones RENTSE.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.3.6 Red Nacional de Telecomunicaciones RENTSE



Fuente: Memoria general proyecto AMI de Centrosur. (COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL, 2014)

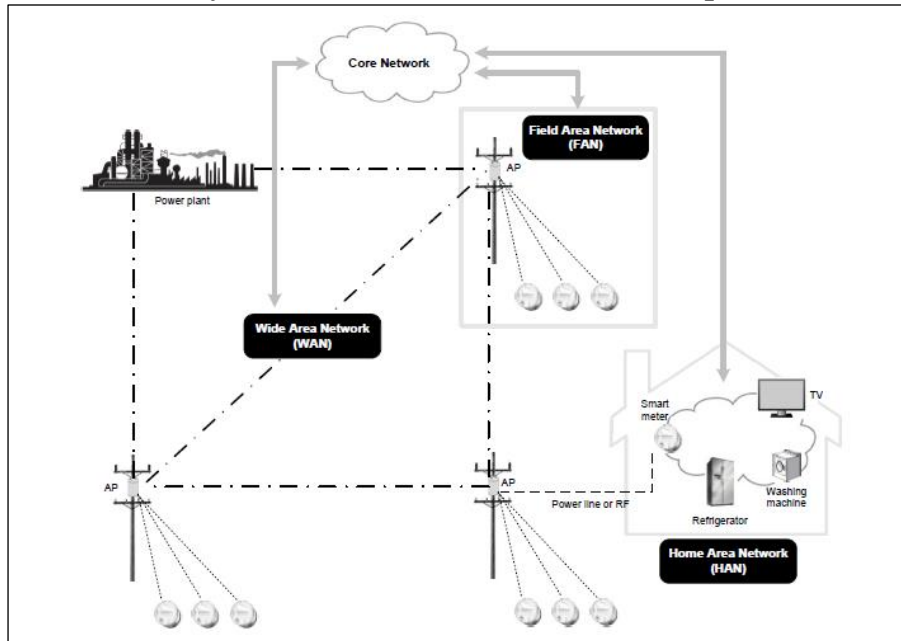
Elaborado por: Autor

2.3.5 RED DE TELECOMUNICACIONES DE CADA DISTRIBUIDORA (CONECTIVIDAD CON LAS REGIONALES, AGENCIAS, OFICINAS, SUBESTACIONES, CONCENTRADORES Y RECONECTADORES)

Para que la RENTSE cumpla su objetivo, cada Distribuidora opera su red de comunicaciones, esto incluye los segmentos de WAN, Backhaul y última milla, dependiendo de la topología de cada Distribuidora. Lo importante es que para el caso de AMI incluye toda la red de comunicaciones hasta el medidor, a lo que se le conoce como segmento FAN. En la Ilustración 2.3.7 WAN y FAN - Red de Telecomunicaciones por Distribuidora, se muestra el esquema de conectividad para el AMI, donde la última milla desde el concentrador (AP Access Point) hasta el medidor puede ser inalámbrico, alámbrico (F.O) o BPL; el Core Network de la figura se refiere a la RENTSE.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.3.7 WAN y FAN - Red de Telecomunicaciones por Distribuidora



Fuente: Memoria general proyecto AMI de Centrosur. (COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL, 2014)

Elaborado por: Autor

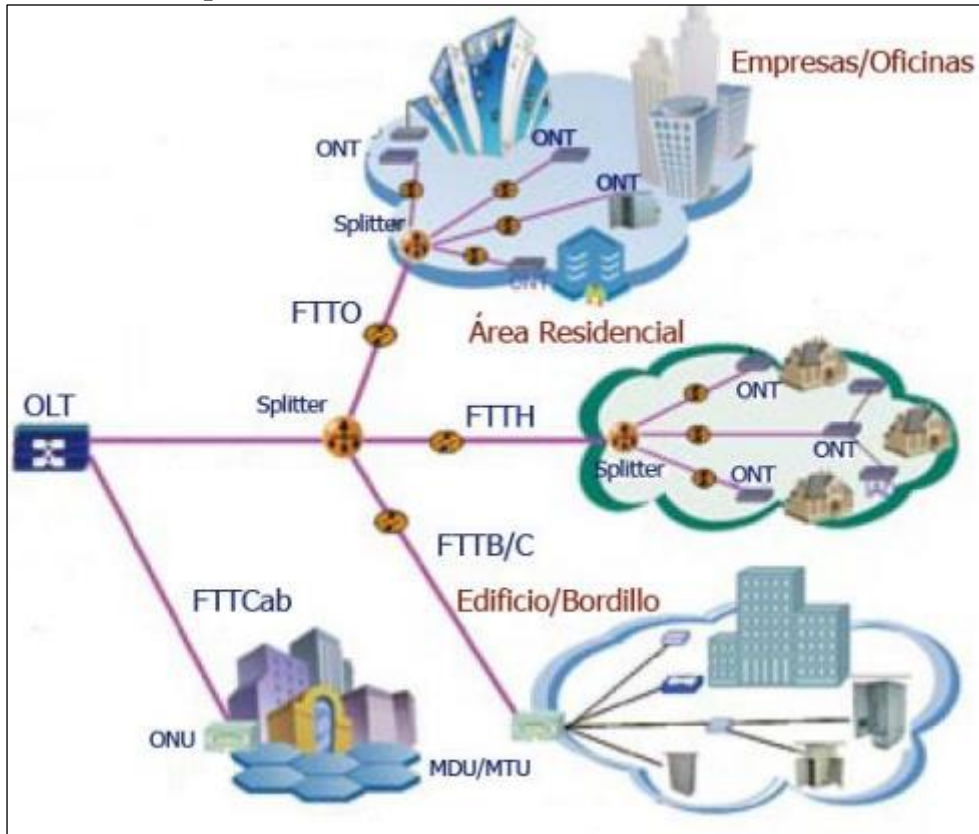
2.3.6 PLATAFORMA DE TELECOMUNICACIONES GPON.

2.3.6.1 Definición y arquitectura.

GPON (Gigabit Passive Optical Network): Es una plataforma de acceso por medio de fibra óptica con estructura punto a multipunto de vanguardia en estos tiempos, en el cual sus usuarios reciben la misma información, pero pudiendo acceder sólo a la que está enviada hacia ellos. Son tecnologías de acceso con una capacidad muy alta que viables para servicios triple-play (voz, vídeo y datos).

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.3.8 Arquitectura de la red GPON



Fuente: (Cevallos, Montalvo, & Vinueza)
Elaborado por: El autor

2.3.7 PLATAFORMA DE TELECOMUNICACIONES BPL o PLC

2.3.7.1 Definición.

La tecnología BPL o PLC, (Broadband Power Line) o (Power Line Communication), es una opción más para brindar servicios de Internet y comunicaciones, pero es necesario para su implementación que la red de distribución, debe estar en perfectas condiciones, esto quiere decir que debe cumplir con los requerimientos estipulados tanto en los entes Reguladores del Sector Eléctrico como del Sector de las Telecomunicaciones.

2.3.7.2 Estructura de la Red BPL.

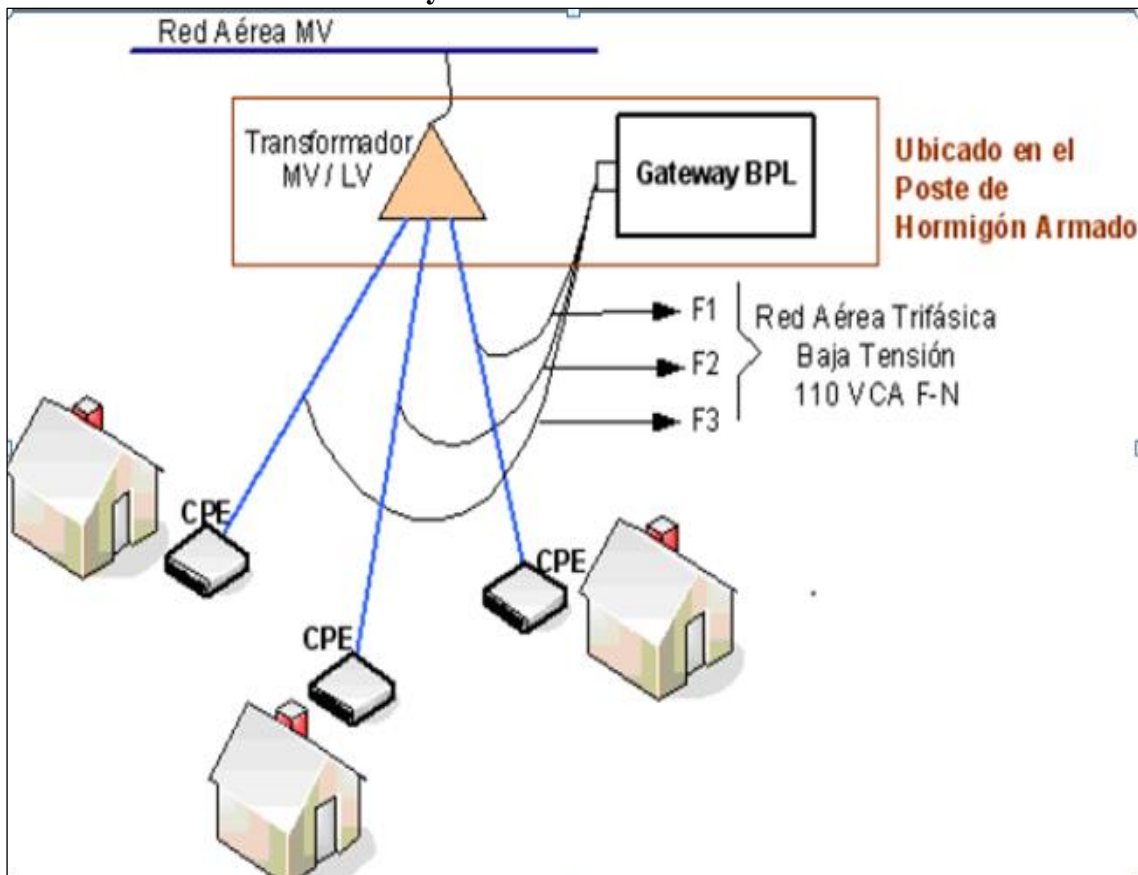
“Como se sabe la energía eléctrica llega a nuestros hogares mediante el recorrido que cumple un SEP (Sistema Eléctrico de Potencia), el cual inicia su recorrido desde alguna fuente de generación como puede ser hidráulica, térmica, solar, etcétera, aquí se da un

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

primer tramo de media tensión (\cong de 4,16 KV), los cables viajan desde el generador de energía hasta el primer transformador elevador. Luego se da un segundo tramo de recorrido que ya es de alta tensión (138 KV a 220 KV), este llega hasta la subestación de transporte, el motivo de tener voltajes tan elevados es para disminuir pérdidas de energía, por ejemplo una de las que se presenta es por la cantidad de distancia recorrida.

Pasa a un tercer tramo que es de media tensión nuevamente (46 KV a 138 KV) el cual va desde la subestación de transporte hasta la subestación de distribución. Y el último recorrido que va desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución, donde se oferta el servicio a los usuarios con baja tensión (110 V a 240 V), los usuarios son clasificados generalmente dentro de los centros urbanos como residencial, comercial e industrial para ilustrar la disposición de un Sistema eléctrico de potencia, en la siguiente Ilustración 2.3.9 Red Eléctrica y BPL; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**” (Peralta, 2010)

Ilustración 2.3.9 Red Eléctrica y BPL



Fuente: (Peralta, 2010)
Elaborado por: El autor

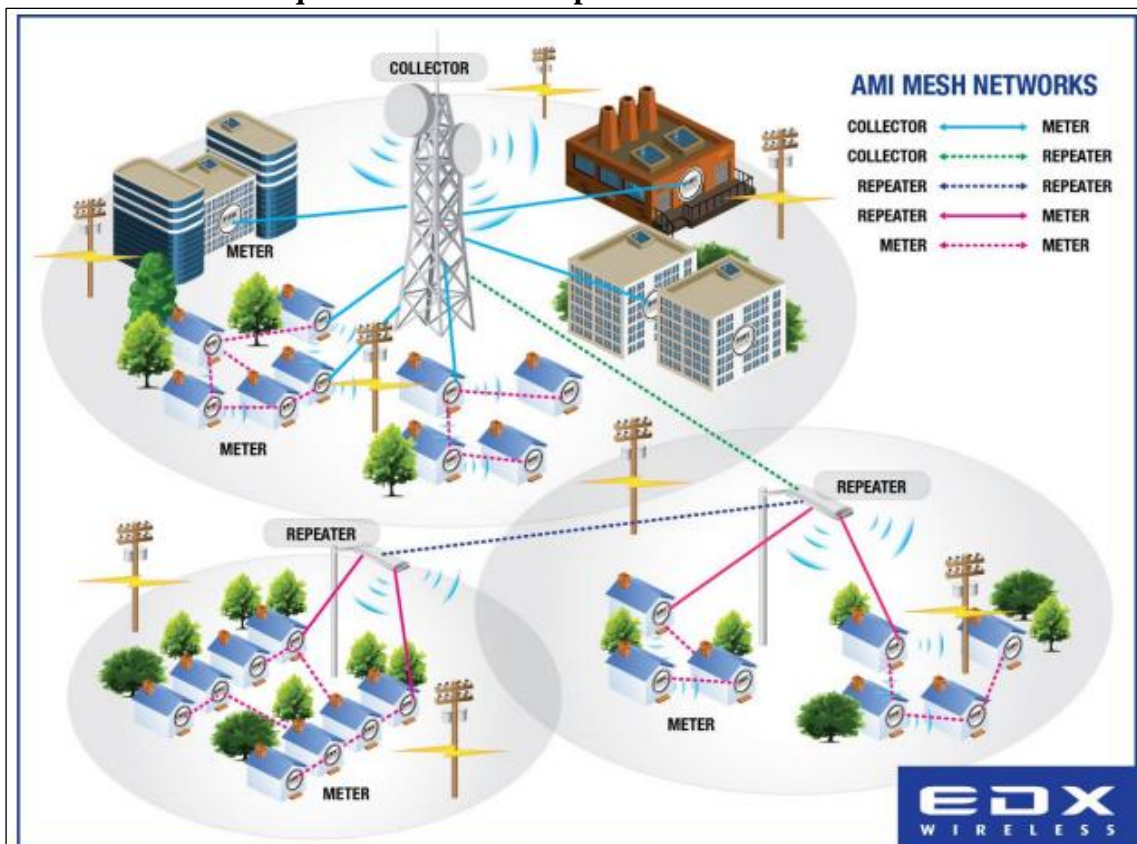
Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

2.3.8 PLATAFORMA DE TELECOMUNICACIONES RF-MESH

2.3.8.1 Definición y arquitectura.

“Utilidades de todo el mundo están reconociendo los beneficios del uso de redes de malla RF privadas para las comunicaciones de red inteligente. Redes privadas ofrecen la ventaja de ser la utilidad de propiedad y operación, reduciendo al mínimo los gastos de funcionamiento y maximizar la fiabilidad. Trilliant ha sido un líder con el primer RF a gran escala con malla despliegue AMI , la primera solución basada en estándares en el mercado utilizando los radios 802.15.4 , y el único proveedor con una arquitectura integrada de varios niveles de apoyo tanto a la automatización de distribución de baja latencia y aplicaciones de Smart Metering . Como el proveedor líder de sistemas de 2.4 GHz RF Mesh AMI.” (Trilliant, 2015)

Ilustración 2.3.10 1Aarquitectura RF-Mesh para AMI



Fuente: (Wireless & Leon, 2011)

Elaborado por: El autor

2.4 MARCO CONTEXTUAL

El Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, MEER, a través del SIGDE Nacional tiene proyectado implementar el Sistema de Medición Avanzada AMI, mediante una compra corporativa, para lo cual se estableció un Comité con delegados de varias Empresas Distribuidoras del país.

Como un alcance del proyecto, en una planificación inicial se proyectaba cubrir aproximadamente 4'000.000 de clientes, con el sistema AMI, los mismos que corresponden a usuarios finales que están distribuidos a nivel nacional en las Empresas Eléctricas de Quito, Centrosur, Norte y Galápagos.

Al momento se han presentado nuevas disposiciones por parte del MEER, las cuales proyectan un nuevo escenario de trabajo para AMI, el mismo que pretende cubrir hasta el nivel de transformadores, tratando de alguna manera de ayudar a la Distribución a controlar el incremento de la demanda en los transformadores por el Programa de Cocción Eficiente – PEC (cocinas de inducción y calentamiento de agua) y con los transformadores particulares para gestión de la demanda.

El comité delegado para este proyecto, estableció para una primera etapa cubrir un total de 24.386 transformadores con un presupuesto referencial de \$12'436.860,00, estos datos con corte al mes de noviembre del 2014, los cuales se encuentran distribuidos en toda el área de concesión y se ejecutarán considerando el siguiente orden de prelación:

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 2.4.1 Orden de prelación para ejecución.

Orden	Sector	Cantidad de Transformadores
1	Centro Histórico	106
2	Proyectos no aprobados en BID	301
3	Proyectos aprobados en BID	321
4	Transformadores para PEC	200
5	Zonas Rurales Turísticos	1289
6	Transformadores en la Troncal	684
7	Particulares mayor o igual a 200KVA	253
8	Particulares mayor o igual a 100KVA	422
9	Particulares mayor o igual a 50KVA	776
10	Particulares menor a 50KVA	2998
11	Transformadores con cargabilidad $\geq 80\%$	726
12	Transformadores con cargabilidad $\geq 50\%$ y $< 80\%$	1597
13	Transformadores con cargabilidad $< 50\%$	14713
	TOTAL	24386

Fuente: Memoria general proyecto AMI de Centrosur. (COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL, 2014)

Elaborado por: Autor

Como se indicó anteriormente Centrosur hasta el momento tiene instalado 24.386 transformadores de diferentes potencias, para cubrir todo este número de unidades dependerá de la disponibilidad de recursos, puesto que al momento se encuentra financiado solo un valor de \$800.000, del presupuesto aproximado, siendo este valor considerado en Costos de Calidad para el año 2015, el cual está sujeto de aprobación por parte del ARCONEL.

CAPÍTULO 3.

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Como indica Roberto Hernández Sampieri en su libro, investigar implica realizar un conjunto de procesos de manera sistemática, crítica y empírica que se aplican o utilizan para efectuar la investigación de algún fenómeno.

Para ésta investigación se utilizará varios métodos, mismos que involucran métodos cuantitativos descriptivos que permiten comparar las diferentes plataformas de telecomunicaciones.

3.1.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO

La idea central del método descriptivo se basa en conocer diferentes particularidades que predominan, mediante una forma exacta de describir ciertas actividades, procesos, cosas, objetos o personas. El objetivo de este tipo de estudio no es la recolección de datos, sino más bien tienden a predecir y resaltar todas las semejanzas que se presenten entre dos o más variables.

Para este estudio se describirá las características técnicas, el costo de inversión inicial, el costos de operación y mantenimiento de cada una de las plataformas de telecomunicaciones, todos estos datos para el análisis e implementación para un total de 1000 clientes en una zona urbana de la ciudad de Cuenca, específicamente en la parroquia Yanuncay tomando como centro de despliegue la SE/5 de la Empresa Eléctrica Centrosur.

La empresa Eléctrica Regional Centro Sur, en el año 2008 crea su Dirección de Telecomunicaciones para brindar el Servicio de Internet y transmisión de datos para sus clientes de toda el área de concesión. La Empresa se encuentra en la facultada para proveer este servicio luego de contar con las licencias y autorización emitidas por el ente regulador del área de concesión. Posterior a esto Centrosur ha impulsado varios proyectos del Ministerio de Telecomunicaciones como son los proyectos FODETEL I y II que permitieron desplegar redes e infraestructura de telecomunicaciones para brindar

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

el servicio de Internet a 210 escuelas del sector rural del área de concesión de la Empresa (Azuay, Cañar y Morona Santiago), a esto se suma el convenio firmado por el Ministerio Electricidad y Energía Renovables y las Distribuidoras del país para el fortalecimiento del sector de la distribución eléctrica, dentro de este marco existen proyectos que están en marcha y otros operativos como son: la implementación del Sistema SCADA Nacional (Operativo), OMS-DMS(fase de pruebas), CIS-CRM(en proceso), B.I. EMPRESARIAL(fase final), Centro de Contacto Nacional(proceso de contratación), Automatización de la Distribución y AMI para una parte del sector residencial e industrial (Elaboración de pliegos); siendo estos dos últimos aplicación directa para este estudio.

Una de las estrategias del Proyecto SIGDE es mejorar el macro proceso de la gestión comercial en las Empresas de Distribución Eléctrica, para lo cual se está implementado un Sistema Comercial Único (CIS-CRM), que será utilizado para realizar los procesos de facturación y gestión con el cliente de todas las Empresas Eléctricas del País.

Actualmente varias distribuidoras eléctricas disponen de equipos de medición con tecnología AMI, que permiten contar con información para el control y mejoramiento de los parámetros de calidad del servicio (registros de curvas de carga, perfiles de voltaje, administración de la demanda, proyecciones de demanda, información para lineamientos sobre programas de ahorro energético, entre otros).

En el país existen aproximadamente 100.000 equipos con tecnología AMI instalados, principalmente en el sector residencial y comercial, en las empresas CNEL EP, EMELNORTE. Los dispositivos utilizados son de marcas ELSTER, GE-TRILLIANT, ITRON y LANDIS+GYR, por lo que los Sistemas AMI y MDM que están en procesos para contratación, deberán contemplar su integración.

En la Tabla 3.1.1 Tecnología Empleada y Eventos, se muestra el estado actual del AMI a nivel nacional, como se observa al momento Centrosur no cuenta con esta tecnología, para lo cual al implementarse cualquier plataforma, ésta debería adaptarse a cualquiera de estas marcas y modelos.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 3.1.1 Tecnología Empleada y Eventos

DISTRIBUIDORA	EXISTENTES CON TECNOLOGÍA AMI	MARCA DEL MEDIDOR	PERÍODO DE TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN	NOTIFICACIÓN DE EVENTOS	SOTWARE DE GESTIÓN
CNEL - El Oro	2.890	ELSTER	DIARIA	SI	ENERGY AXIS
CNEL – Manabi	10.612	ELSTER	DIARIA	SI	ENERGY AXIS
E.E. Centro Sur	0	MAXSYS	15 MINUTOS	NO	MAXCOM
E.E. Norte	2340	LANDIS+GYR		SI	COMAND CENTER
		ELSTER	DIARIA (RECOM, C/HORA)	SI	EASY METERING
E.E. Quito	0	LANDIS+GYR ELSTER	5 MINUTOS	SI	DERCOBASS - DISTROCUYO
CNEL EP	21000	ELSTER	DIARIA	SI	ENERGY AXIS
CNEL EP	25.000	GE (Trilliant)	DIARIA	SI	
Total CNEL EP					
Total	13.600	ITRON	DIARIA	SI	ITRON
Total	74.602				

Fuente: Memoria general proyecto AMI Nacional (COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL, 2014)

Elaborado por: Autor

En la Tabla 3.1.2 Sistemas para la gestión de la Distribución y Comercialización relacionados con AMI, se muestra los sistemas que tendrían relación con la Infraestructura de medición avanzada, las mismas que se encuentran en etapas de planificación, adquisición y despliegue. Todos estos sistemas utilizarían el Bus Empresarial para tener una intercomunicación bidireccional.

Tabla 3.1.2 Sistemas para la gestión de la Distribución y Comercialización relacionados con AMI

Sistema	Descripción	Especificaciones
ADMS	Advance Distribution Management Systems / Sistema de gestión avanzada de la Distribución	TELVENT.
OMS	Sistema de Gestión de interrupciones / Outage Management System	TELVENT.
DSM	Demand Side Management – Gestor de Demanda	Por definirse.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Sistema	Descripción	Especificaciones
ESB-BPM	Enterprise Service Bus y Business Process Management / Servicio Bus Empresarial	Websphere Enterprise Service Bus 7.05 de IBM. - IBM Websphere Message Broker 8. - IBM BPM 8.5.
QADS	Quality Control and Development System	TELVENT.
MDM	Sistema de gestión de datos de Medida	Por definirse
CYMDIST	Análisis de Sistemas de Distribución.	Por definirse

Fuente: Memoria general proyecto AMI Nacional (COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL, 2014)

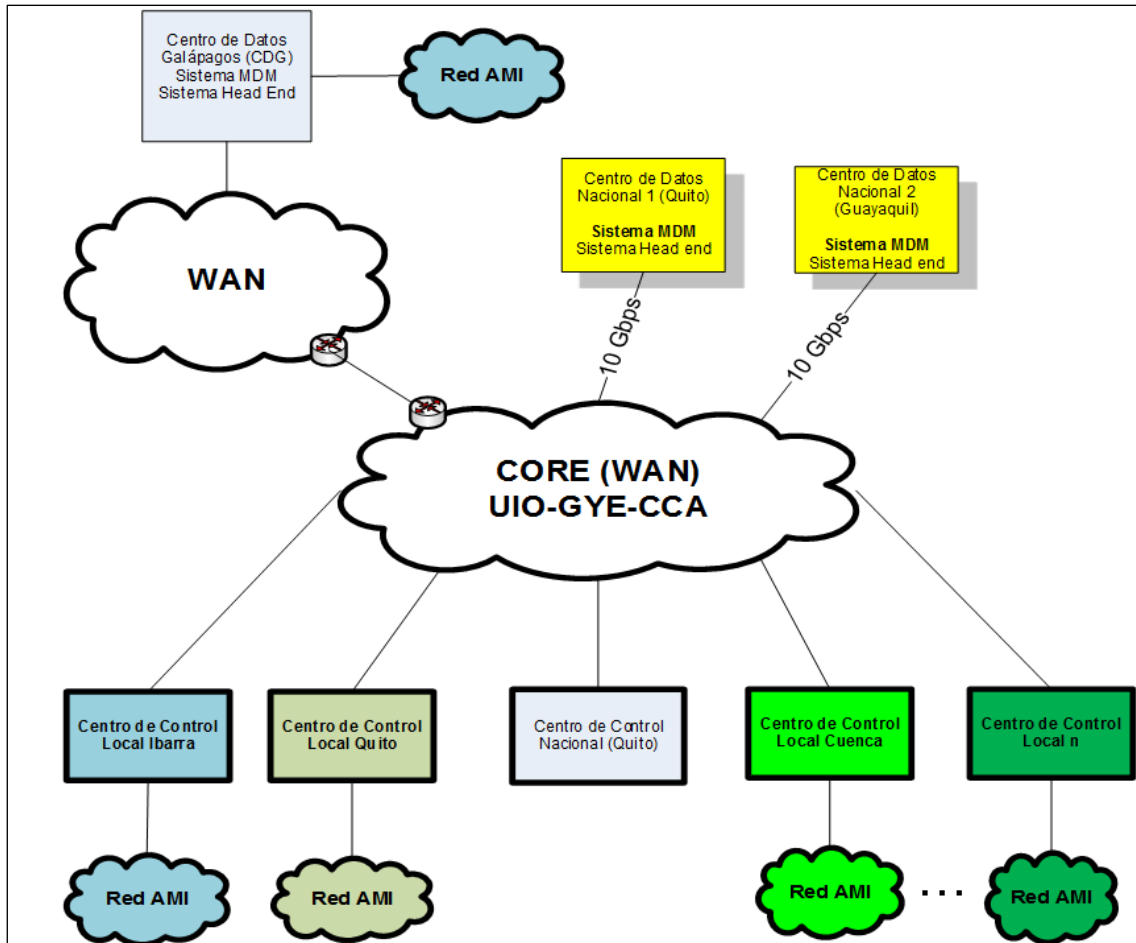
Elaborado por: Autor

Por otra parte para cumplir con estos propósitos el Comité Nacional de Telecomunicaciones implemento el RENTSE (Red Nacional de Telecomunicaciones del Sector Eléctrico), que al momento se encuentra operando. Esta red mantiene comunicado a todas las Empresas Eléctricas Distribuidoras a nivel Nacional, incluyendo Galápagos que se conecta mediante un enlace Satelital. Todo esto es posible por cuanto existe una comunicación en anillo a nivel nacional; el objetivo de esta red es mantener la comunicación en línea para la operación de la plataforma AMI.

En la Ilustración 3.1.1 Arquitectura Global AMI, podemos observar como sería el funcionamiento del AMI desde el nivel de las Empresas Distribuidoras en su red local y como irían escalando dicha información hasta los centros de datos que estarían ubicados en Quito, Guayaquil y Galápagos para ser consumida a nivel nacional y supervisados por el Centro de Control Nacional.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 3.1.1 Arquitectura Global AMI



Fuente: Memoria general proyecto AMI Nacional (COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL, 2014)

Elaborado por: Autor

3.1.2 ANÁLISIS DEDUCTIVO INDUCTIVO

El método de la deducción parte de algo general hacia lo particular. Este método permite partir de datos generales que son conocidos como válidos, para en un posterior presumir o deducir por medio de un razonamiento lógico; es decir partimos de algunos supuestos establecidos con anterioridad, como principios habituales y consecuentemente en el estudio analizarlos en cada caso individual y poder llegar a comprobar su veracidad.

El análisis deductivo inductivo nos permitirá en este estudio determinar una plataforma de telecomunicaciones adecuada para Centrosur luego de tener resultados claros sobre los análisis comparativos realizados a cada uno de los indicadores de las variables que se proponen en este trabajo.

3.2 FUENTE DE DATOS Y DIMENSIONAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN.

Para este análisis comparativo se ha considerado varias fuentes de información como son indicadores para determinar los costos de operación y precios de las plataformas de telecomunicaciones que permitan obtener su inversión inicial, dichos datos corresponden a información registrada en Centrosur ; estos indicadores nos permitirán analizar las variables Inversión Inicial y Costos de Operativos y Mantenimiento. Para el análisis de la variable Características Técnicas se ha consolidado varios o atributos en una matriz que la llamaremos “MATRIZ_TEC”, misma que tiene por otra parte la información que se ha considerado importante para comparar los parámetros técnicos de las plataformas de telecomunicaciones con los datos referenciales o básicos que necesita el AMI para operar.

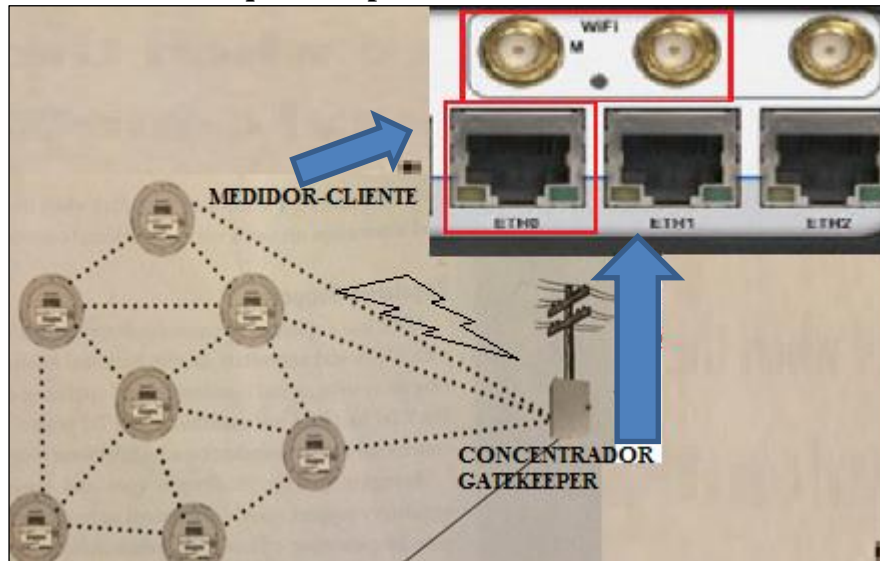
Es necesario tener presente las siguientes aseveraciones:

- La cantidad de clientes de Centrosur que se beneficiaría con la infraestructura de medición inteligente (AMI) es de 1000 clientes residenciales en la parroquia urbana de Yanuncay, se tomará como referencia para el despliegue de cada tecnología la subestación 5 (SE/5) de Centrosur, debido a su mayor densidad residencial, esta subestación considerada de gran importancia para la Empresa se encuentra ubicada en las calles Tarquino Cordero y Cornelio Crespo Vega de la ciudad de Cuenca. Se considera a esta subestación como centro de partida y con un radio de 500mts a la redonda se toma a los clientes que se les instalará este servicio. En la Ilustración 3.2.1 Área de cobertura y despliegue $r = 0.5\text{Km}$, se aprecia cada punto de color negro, el cual representa a un medidor por cliente del servicio eléctrico, cubriendo la cantidad de clientes antes mencionado. El objetivo de seleccionar esta cantidad de usuarios nos permite dimensionar el equipamiento a utilizar por cada una de las tecnologías.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

- RF-MESH.- Al ser una red inalámbrica facilita un despliegue a bajo costo y en corto plazo.
- El análisis comparativo de las tecnologías partirá del hecho de la existencia de las interfaces de conexión inalámbrica y cableada Ethernet tanto del lado de MEDIDOR como de los concentradores de datos. Para facilitar la comprensión de lo mencionado, se indica en la Ilustración 3.2.2 Esquema Tipo de Conexión Medidor - Concentrador.

Ilustración 3.2.2 Esquema Tipo de Conexión Medidor - Concentrador



Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

3.2.1 Inversión Inicial.

Para el análisis de la variable Inversión Inicial es necesario conocer todos los precios y costos de inversión iniciales por cada tecnología.

A continuación se indica paso a paso el procedimiento para el cálculo de equipos y mano de obra que permiten obtener la inversión inicial por cada tecnología.

3.2.1.1 Inversión inicial tecnología GPON.

Para el cálculo de la inversión inicial de esta tecnología primero debemos conocer los equipos que se utilizarán para la implementación de la misma, a continuación se indica una lista de cada uno de ellos y consecuentemente un breve detalle de cada equipo:

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

- OLT chasis hasta 16 slots para tarjetas GPON Uplink. Con Fuente poder Modelo: 7342
 - Tarjetas GPON 4 puertos para OLT 7342
 - ONT indoor con 1 ingreso GPON SC, salidas ETH 10/100 y RF(modelo: I-241)
 - ODFs indoor
 - Splitters 1x128
 - Cable Fibra óptica 2 Hilos
-
- **OLT chasis hasta 16 slots para tarjetas GPON Uplink. Con Fuente poder Modelo 7342.**

Centrosur tiene instalada en la SE/5 un chasis OLT modelo 7342 de Alcatel Lucent, mismo que permite una capacidad máxima escalable de usuarios hasta de 4608 con sus 14 tarjetas de 4 puertos GPON operando, más dos tarjetas controladoras trabajando en hot- standby, este chasis incluye un fuente de energía integrada al mismo. Por lo mencionado para este estudio se considera la utilización de un chasis OLT por cuanto se pretende cubrir a mil clientes inicialmente.

Ilustración 3.2.3 Chasis OLT 7342 Alcatel Lucent



Fuente: Gráficas Internet
Elaborado por: El Autor

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

➤ **Tarjetas GPON 4 puertos para OLT 7342**

Para este análisis se considera la utilización de 2 tarjetas GPON de 4 puertos por cuanto al momento existen splitters de 1x128, es decir por cada puerto GPON de estas tarjetas, podemos provisionar hasta 128 clientes. Es decir, en 8 puertos GPON de las 2 tarjetas cubrimos un total de 1024 clientes, con lo que cubrimos el número inicial de clientes para este cálculo.

Ilustración 3.2.4 Tarjeta GPON 4 puertos para OLT 7342



**Fuente: Gráficas Internet
Elaborado por: El Autor**

➤ **ONT indoor con 1 ingreso GPON SC, salidas ETH 10/100 modelo I-241**

Se considera la utilización de 1000 ONTs, estos son los equipos finales que estarían al lado del cliente y permiten la conexión con el medidor, como se puede apreciar la conexión en este caso es Ethernet, para lo cual el medidor debe prever un puerto similar.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 3.2.5 ONT indoor modelo I-241



**Fuente: Gráficas Internet
Elaborado por: El Autor**

➤ ODF indoor 2 puertos GPON

Se utilizarán mil ODFs indoor, es decir un número igual que las ONTs, este equipo es el punto final de la conexión del cable de Fibra óptica y permite la conexión con la ONT, mediante un conector SC de F.O.

Se ha considerado ODFs de 2 puertos por cuanto esto permite tener un puerto habilitado en caso de que se produzca alguna falla con el puerto inicial. Es preciso aclarar que esto no genera ningún costo adicional porque la instalación contempla la fusión y activación de dos puertos por cada cliente.

Ilustración 3.2.6 ODF indoor 2 puertos GPON



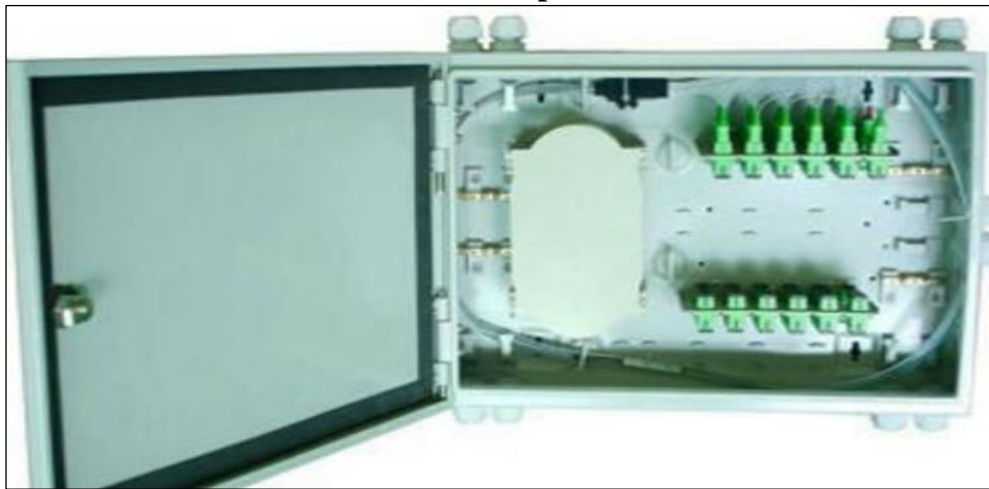
**Fuente: Gráficas Internet
Elaborado por: El Autor**

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

➤ **Splitters de 1x128**

Se utilizarán 8 splitters 1x128 para cubrir un total de 1000 clientes, debido a que por cada puerto GPON podemos cubrir un total de 128 usuarios, como tenemos en total 8 puertos sería un total de 1024 clientes. Este es un equipo pasivo por cuanto nos permite inyectar una fibra y poder distribuir a un número mayor de clientes.

Ilustración 3.2.7 Splitter 1x128



**Fuente: Gráficas Internet
Elaborado por: El Autor**

➤ **Cable de Fibra Óptica drop de 2 Hilos.**

En total para este estudio y por temas de cálculo y dimensionamiento se ha considerado un total de 200 mts por cada cliente, dándonos un total de 200 Km de cable de fibra óptica necesaria para cubrir el total de clientes y red de transporte.

Ilustración 3.2.8 Cable de fibra óptica drop de 2 hilos



**Fuente: Gráficas Internet
Elaborado por: El Autor**

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Se han explicado brevemente los equipos que se utilizarían para la implementación del servicio AMI mediante la plataforma GPON. Para obtener la inversión inicial por cada tecnología, se ha analizado los costos de equipo y el costo de mano de obra.

➤ **Costo de Equipos.**

Para obtener el costo de los equipos por tecnología primeramente es necesario dimensionar la cantidad de lo mismos para cubrir y garantizar el servicio a todos los clientes proyectados. En la Tabla 3.2.1 Costos de Equipos GPON podemos observar el detalle y la cantidad de los equipos para la tecnología GPON, también se puede visualizar los precios unitarios y totales.

Tabla 3.2.1 Costos de Equipos GPON

Item	EQUIPOS GPON	UNID.	Cantidad	Precio Unitario	Total
1	ONT indoor con 1 ingreso GPON SC, salidas ETH 10/100 y RF(mod: 1-241)	U	1000	171	171000
2	OLT chasis hasta 16 slots para tarjetas GPON Uplink. Con Fuente poder Mod: 7342	U	1	4268	4268
4	Tarjetas GPON 4 puertos para OLT 7342	U	2	3107,79	6215,58
5	ODFs indoor 2 puertos	U	1000	62	62000
6	Spliters 1x128	U	8	300	2400
7	Cable Fibra optica 2 Hilos	Km	200	700	140000
					385883,58

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Como se puede apreciar en la tabla anterior para esta implementación es necesario 1000 ONTs indoor GPON, una por cliente, Un chasis OLT para 16 tarjetas GPON de 4 puertos GPON, cada puerto nos permite provisionar hasta 128 usuarios; se utilizará 2 tarjetas GPON que nos permite operar hasta 1024 clientes.

En equipos pasivos son necesarios 1000 ODFs indoor que estarán ubicados en el medidor de cada cliente, este equipo permite conectar la señal de fibra óptica con el equipo ONT de cada usuario; en necesario 8 splitters, estos serán los que interconecten cada puerto GPON de la OLT y multiplicar las señales hasta 128 clientes por splitter, al requerir 8 estamos cubriendo un total de 1024 usuarios. En cuanto al medio de transporte se ha dimensionado un total de última milla por usuario de 200 mts de fibra óptica de 2 hilos, necesitándose un total de 200 Km para cubrir todo el proyecto.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

El costo total de inversión inicial por equipos para la tecnología GPON sería de \$385.883,58; todos estos valores se obtuvieron de los datos registrados en Centrosur cuando se adquirió esta plataforma.

➤ **Costo de Mano de Obra.**

Para el cálculo de mano de obra fue necesario considerar costos de instalación y configuración de equipos, montaje y tendido de Splitters y fibra óptica. En estos rubros se incluye materiales, herramientas y transporte.

Tabla 3.2.2 Costos de Mano de Obra GPON

Item	MANO DE OBRA GPON	UNID.	Cantidad	Precio	Total
1	Instalación y configuración ONT	U	1000	60	60000
2	Instalación OLT chasis	U	1	1200	1200
3	Instalación y configuración tarjetas GPON 4 puertos	U	2	500	1000
4	Instalación ODFs	\$	1000	70	70000
5	Instalación Splitters 1x128	\$	8	500	4000
6	Montaje y tendido de fibra óptica	Km	200	2500	500000
		TOTAL			636200

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

En la Tabla 3.2.2 Costos de Mano de Obra GPON se puede apreciar el detalle de costos por cada rubro. Un dato importante que se debe resaltar es que el costo total es de \$636200,00, por este concepto el cual es elevado y será determinante el momento de elegir por esta tecnología.

3.2.1.2 Inversión inicial tecnología BPL.

Para el caso de esta tecnología los equipos a utilizarse en número son menor, por cuanto toda la red de transporte ya se encuentra instalada (red eléctrica). Manteniendo la misma metodología, a continuación se presenta el listado de equipos que se utilizarán para implementar esta plataforma:

- Gateway BPL CXP-LVA-GWYC para redes de baja tensión aéreas para 32 CPEs.
- Equipo CPE BPL AV-200 por usuario

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

➤ **Gateway BPL CXP-LVA-GWYC para redes de baja tensión aéreas para 32 CPEs.**

Se considera un total de 150 equipos de este tipo que irán conectados en las líneas aéreas de baja tensión, después de cada transformador. Este equipo permitirá el acceso o la conectividad con los CPEs y los medidores de cada cliente. Para cubrir el total de 1000 clientes es necesario esta cantidad de equipos que se instalarían en 50 transformadores, para inyectar la señal y poder cubrir a todos los clientes; se considera un equipo cada 50 metros, como repetidor de señal; es decir, 50 equipos por transformador, más 2 cada 50 mts para cubrir toda la zona nos da un total de 3 por tramo de línea de baja tensión; sumando una cantidad final de 150 equipos Gateway LVA.

Se considera que cada transformador sirve a 20 clientes, todos los equipos CPE de los clientes se conectan automáticamente a cada Gateway, de manera automática los equipos CPE censan el Gateway que proporcione o inyecte una mejor señal, con el objetivo de cambiar de manera automática su conexión y mantener una comunicación estable.

Ilustración 3.2.9 Gateway BPL CXP-LVA-GWYC



**Fuente: Gráficas de internet
Elaborado por: El Autor**

➤ **Equipo CPE BPL AV-200.**

Se requieren un total de 1000 equipos CPEs, este dispositivo es el encargado de permitir y mantener la conectividad con el medidor y los servidores de AMI. Este

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

equipo tiene un puerto Ethernet de conexión, por cuanto le medidor deberá considerar este tipo de conectividad. Una particularidad de estos equipos que se debe considerar es la sensibilidad a descargas atmosféricas, esto ha demostrado la práctica por cuanto al momento se utiliza en otras áreas y son muy vulnerables a quemarse su puerto Ethernet por estos tipos de descargas, a pesar de tener un bus sistema de tierras.

Ilustración 3.2.10 CPE AV-200 por Usuario



**Fuente: Gráficas de internet
Elaborado por: El Autor**

Para el caso de esta tecnología los equipos a utilizarse en número son menor, por cuanto toda la red de transporte ya se encuentra instalada (red eléctrica); lo que nos indica una ventaja en tiempos de instalación y despliegue.

➤ **Costo de Equipos.**

Para obtener el costo de los equipos por tecnología primeramente es necesario dimensionar la cantidad de los mismos para cubrir y garantizar el servicio a todos los clientes proyectados. En la Tabla 3.2.3 Costos de Equipos BPL podemos observar el detalle y la cantidad de los equipos para la tecnología BPL, también se puede visualizar los precios unitarios y totales.

Tabla 3.2.3 Costos de Equipos BPL

Item	EQUIPOS BPL	UNID.	Cantidad	Precio	Total
1	Gateway BPL CXP-LVA-GWYC para redes de baja tensión aereas para 32 CPEs	\$	150	532,13	79819,50
2	Equipo BPL por usuario CPE	U	1000	152,87	152870
					232689,5

**Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor**

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

➤ **Costo de Mano de Obra.**

Los costos de Mano de Obra para esta tecnología se consideraron para instalación, integración y configuración de equipos; de igual manera incluye herramientas, materiales y transporte. Se considera el rubor de herrajería para el montaje de los equipos GW-LVA en los postes.

Tabla 3.2.4 Costo de Mano de Obra BPL

Item	MANO DE OBRA - BPL	UNID.	Cantidad	Precio	Total
1	Instalación y configuración Gateway LVA en poste	\$	150	65	9750
2	Instalación y configuración CPEs cliente	\$	1000	40	40000
4	Integración de equipos a la red de transporte y software de gestión	\$	150	180	27000
7	Herrajería	\$	150	12	1800
		TOTAL			78550

**Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor**

El costo de mano de obra de BPL representa solo el 12,3% del valor de GPON, esta ventaja se da por cuanto la red eléctrica ya se encuentra instalada y al ser este el medio de transmisión no es necesario hacer ninguna inversión sobre esta. Se ha considerado un valor de \$8000,00 para adecuaciones de la red eléctrica en ciertos casos que son necesarios.

3.2.1.3 Inversión inicial tecnología RF-Mesh.

Para implementar esta tecnología a nivel de equipos son necesarios puntos de Acceso o AP, Repetidores por nodo, respaldo de energía para cada nodo, interfaz inalámbrico para cada medidor y cable multipar. El medio de transporte para este caso es el espectro electromagnético, es decir inalámbrico, que para este caso de estudio se considera en banda libre de 5Ghz, por cuanto la interferencia es menor que en la banda 2.4Ghz. Manteniendo la misma metodología, a continuación se presenta el listado de equipos que se utilizarán para implementar esta plataforma:

- AP inalámbrico con antena externa 90°
- Repetidos para nodos Mesh OM5P-HS
- Interfaz inalámbrica-ODU por medidor
- Respaldo de Energía
- Cable FTP multipar.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

➤ **AP inalámbrico punto – multipunto con antena externa 90°**

Se requiere una cantidad de 17 equipos AP punto multipunto, se ha considerado que por equipo AP se conecten alrededor de 60 clientes, a pesar que los datasheet indican que es factible un número mayor de conexiones por AP, se ha dimensionado de esta manera para garantizar un enlace estable y latencia baja.

Ilustración 3.2.11 AP punto - multipunto Lobometric con antena externa 90°



Fuente: Gráficas de internet
Elaborado por: El Autor

➤ **Repetidor para nodos Mesh OM5P-HS**

Para repetir la señal y mantener una conexión estable y continua son necesarios 3 Repetidores, por cuanto estos permiten una conexión de 180 mts a la redonda; como se considera un radio de 500mts de cobertura, se prevé solapar las zonas y poder abarcar la mayor cantidad de clientes.

Ilustración 3.2.12 Repetidor Mesh OM5P-HS



Fuente: Gráficas de internet
Elaborado por: El Autor

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Estos equipos son los encargados de mantener la conectividad, por cuanto al perder alguno de estos, los equipos finales buscaran el repetidor más próximo y restablecerá la conexión del medidor del cliente.

➤ **Interfaz inalámbrica-ODU por medidor**

Para mantener una conexión con cada medidor es necesario un equipo de estas características, es decir, 1000 en total.

Ilustración 3.2.13 Interfaz inalámbrico - ODU por medidor

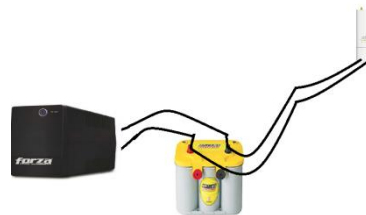


Fuente: Gráficas de internet
Elaborado por: El Autor

➤ **Respaldo de Energía**

Para mantener una continuidad del servicio es necesario prever un suministro constante de energía para cada nodo o repetidor. Para este cometido se considera un UPS y una batería. En total son necesario 20 juegos de equipos que serán instalados en cada nodo.

Ilustración 3.2.14 Respaldo de energía



Fuente: Gráficas de internet
Elaborado por: El Autor

➤ **Cable FTP multipar.**

Dentro de los equipos se ha considerado un total de cable de 80mts por cliente, dando un total de 80000 mts, es decir 228 carretes de 350 mts. Este cable nos permite la conexión en los nodos para los AP, repetidores y ODUs de clientes.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Ilustración 3.2.15 Cable FTP multipar



Fuente: Gráficas de internet
Elaborado por: El Autor

➤ Costo de Equipos.

Para obtener el costo de los equipos por tecnología primeramente es necesario dimensionar la cantidad de los mismos para cubrir y garantizar el servicio a todos los clientes proyectados. En la Tabla 3.2.5 Costo de Equipos RF-Mesh podemos observar el detalle y la cantidad de los equipos para la tecnología RF-Mesh, también se puede visualizar los precios unitarios y totales.

Tabla 3.2.5 Costo de Equipos RF-Mesh

Item	EQUIPOS RF-MESH	UNID.	Cantidad	Precio	Total
1	AP inalámbrico para enlaces de banda libre 5Ghz o 2.4 Ghz + Antena Externa 90°	U	17	1.300	22100
3	Repetidores para Nodos Mesh OM2P-HS	U	3	4268	12804
4	Interfaz inalámbrico ODU por medidor	U	1000	95	95000
5	Respaldo de energía por nodo / repetidor	U	20	450	9000
6	Cable FTP multipar	mts/Cl	80000	0,9	72000
					210904

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

➤ Costo de Mano de Obra.

Los costos de Mano de Obra para esta tecnología se consideraron para instalación, integración y configuración de equipos; de igual manera incluye herramientas, materiales y transporte. Se considera el rubor de herrajería para el montaje de los equipos APs y repetidores en postes o nodos.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 3.2.6 Mano de Obra RF-Mesh

Item	MANO DE OBRA - RF-MESH	UNID.	Cantidad	Precio	Total
1	Instalación y configuración Aps y Repetidores	U	20	50	1000
2	Instalación Radios ODU's por cliente	U	1000	35	35000
3	Integración a la red de transporte, calibración y ajustes de enlaces	\$	1020	20	20400
4	Herrajería	\$	1020	12	12240
		TOTAL			68640

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

El costo de mano de obra de RF-Mesh representa solo el 10,79% del valor de GPON y el 87,38% de BPL. Se ha considerado un valor de \$8000,00 para obras civiles y adecuaciones que sean necesarias en los nodos y repetidores.

➤ **Inversión Inicial por Plataforma.**

En la Tabla 3.2.7 Inversión Inicial por Plataforma, se conoce de manera global los precios y costos de inversión inicial por cada una de las tecnologías.

Tabla 3.2.7 Inversión Inicial por Plataforma

Item	Descripción	INVERSION INICIAL			
		UNID.	GPON	RF-MESH	BPL
1	Licencias para operación	\$	40000	2000	8000
2	Equipos por tecnología	\$	385883,58	210904	232689,5
3	Mano de Obra Calificada		636200	68640	78550
4	Obras Civiles	\$	8000	8000	0
5	Adecuación de red eléctrico		0	0	8000
		TOTAL	\$ 1.070.083,58	\$ 289.544,00	\$ 327.239,50

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Como se puede apreciar en la Tabla 3.2.7 Inversión Inicial por Plataforma, la diferencia entre los costos por inversión inicial por cada tecnología es considerable, GPON es el 72,94% mayor con respecto a RF-MESH y un 69,42% mayor que BPL, por lo tanto es un dato que se debería tener mucho en consideración al momento de decidir por alguna de estas tecnologías.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

3.2.2 Operación y Mantenimiento.

Para el análisis de la variable Costo de Operación y Mantenimiento se considera es necesario conocer los rubros y valores anuales que incurrirían por plataforma, En la Tabla 3.2.8 Operación y Mantenimiento Mantenimientos conoce de manera global los costos de operación y mantenimiento por rubros.

Tabla 3.2.8 Operación y Mantenimiento

Operación y Manteneimeinto Anual					
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNID.	GPON	RF-MESH	BPL
1	Personal Técnico	\$	267600	267600	313200
2	Servicios Básicos	\$	31200	31200	31200
3	Transporte y Movilización	\$	38400	38400	38400
4	Equipos de Comunicación	\$	14400	14400	14400
6	Materiales y Suministros	\$	18396	18396	18396
7	Reparaciones de Eventualidades	\$	12720	3060	11640
	TOTAL		\$ 382.716,00	\$ 373.056,00	\$ 427.236,00

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Como se puede apreciar en la tabla anterior, los costos anuales por operación y mantenimiento varían según la tecnología. El costo de GPON resulta en un 2,52% más con respecto a RF-MESH, pero en un 11,63% menor que el costo de BPL. Entre RF-MESH y BPL, se constata que BPL tiene un costo mayo del 14,52%, siendo este último considerable con relación a los demás.

Para un mayor detalle se presenta los valores por rubro y las consideraciones que se hicieron para el cálculo de cada uno de ellos:

3.2.2.1 Personal Técnico

Para el personal técnico se ha considerado 18 persona en total que en base a sus perfiles cumplirían los diferentes roles dentro del área que permitirían administrar, operar, gestionarían y mantener todas la plataformas. En la Tabla 3.2.9 Personal Técnico y Administrativo podemos apreciar el costo y número total del recurso humano que es necesario.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 3.2.9 Personal Técnico y Administrativo

PERSONAL TÉCNICO						
ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	SUELDO/MES MAYORIZADO	PERIODO 0	Grupo add BPL	
1	INGENIERO	7	1500	10500		
2	ASISTENTES	3	1300	3900		
3	TÉCNICOS	4	1000	4000		3800
4	SECRETARIA	1	900	900		
6	ADMINISTRADOR	1	3000	3000		
		TOTAL	7700	22300		
				267600		45600

Fuente: Archivos del autor

Elaborado por: El Autor

Es preciso indicar que para la tecnología BPL es necesario mantener siempre disponible un grupo operativo adicional, es decir un ingeniero y un técnico, esto con el objetivo de solventar de manera oportuna cualquier eventualidad que se presente en la red. Se toma esta precaución por que los equipos BPL tienen una particularidad que no son resistentes a perturbaciones de tensión y descargas atmosféricas produciendo daños continuos a los equipos e inestabilidad en la red. Esto es algo que se ha podido documentar en base a la experiencia de la operación de esta plataforma.

3.2.2.2 Costos Varios

Se ha considerado agrupar en un solo detalle los costos varios de operación, como se aprecia en la Tabla 3.2.10 Costos varios anuales, por cada uno de estos rubros que se han considerado de manera general para todas las plataformas el mismo valor.

Tabla 3.2.10 Costos varios anuales

COSTOS ANUALES VARIOS			
Servicios Básicos	\$	2600	31200
Transporte y Movilización	\$	3200	38400
Equipos de Comunicación	\$	1200	14400
Materiales y Suministros	\$	1533	18396

Fuente: Archivos del autor

Elaborado por: El Autor

3.2.2.3 Costos anuales por eventualidades

Se considera un costo anual por eventualidad, estos valores son un cálculo que predice el costo mensual de una eventualidad por tecnología, en el peor de los casos.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 3.2.11 Costo anual por eventualidades

COSTOS ANUALES POR EVENTUALIDADES				
Descripción	UNID	GPON	RF-MESH	BPL
Equipos reemplazados	\$	560	220	685
Instalación y configuración tarjetas GPON	\$	500	0	245
Mano de Obra por cambio de Enlaces y Configuración de equipo (BPL y RF)	\$	0	35	40
	TOTAL	1060	255	970
	ANUAL	12720	3060	11640

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Como se puede apreciar, por cada eventualidad la plataforma que más costo nos causaría es GPON, por cuanto el precio de los equipos que sean reemplazados es elevado en comparación con RF-MESH pero casi a la par con BPL.

Algo importante que se debe destacar es que las eventualidades si bien se han calculado de manera anual con un evento por mes, la probabilidad de ocurrencia siempre es mayor considerando el siguiente orden de prelación:

- 1.- Fallas BPL
- 2.- Fallas RF-MESH
- 3.- Fallas GPON

3.2.3 Costo total por Implementación.

En la Tabla 3.2.12 Costo total por Implementación, se puede comparar y deducir que la plataforma más adecuada con respecto a su costo de inversión inicial sería RF-MESH, por cuanto su valor total por la implementación es de \$662.600,00. Un punto importante que se debería destacar y que podemos visualizar en la tabla que precede es que la plataforma BPL tiene un costo muy bajo de inversión inicial pero su costo operativo y de mantenimiento anual supera a las demás.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 3.2.12 Costo total por Implementación

ITEM	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL POR IMPLEMENTACION			
		UNID.	GPON	RF-MESH	BPL
1	Inversión Inicial	\$	1.070.083,58	289.544,00	327.239,50
2	Mantenimiento y Operación	\$	382.716,00	373.056,00	427.236,00
		TOTAL	\$ 1.452.799,58	\$ 662.600,00	\$ 754.475,50

Fuente: Archivos del autor

Elaborado por: El Autor

3.2.4 Matriz datos Técnicos.

Para el análisis de la variable Características técnicas de los sistemas se ha realizado una matriz que está construida con información de las plataformas tecnológicas de telecomunicaciones que se quieren comparar, ésta consolidación define las características técnicas y de infraestructura de cada tecnología; los datos han sido recolectados de varios “data sheets”, informes y trabajos particulares sobre análisis de factibilidad e implementaciones de estas plataformas, como se observa en la Tabla 3.2.13 Matriz Original [MATRIZ_TEC], adicionalmente se puede apreciar que los atributos A6 y A9 tiene una medida cualitativa, que para el análisis fue necesario asignarle valores en base a su calificación, quedando de la siguiente manera: 1: Alto; 2:Medio y 3: Bajo.

La matriz [MATRIZ_TEC] es de dimensiones (3x9), donde n = 3 plataformas y 9 atributos [A], que están dispuestas de la siguiente manera: A1.- Cobertura-rango máx. [Km], A2.- Latencia o retardo [ms], A3.- Disponibilidad [%], A4.- Velocidad de transmisión Uplink máx. [Gbps], A5.- Velocidad de transmisión downlink máx. [Gbps], A6.- Nivel de interferencia en las comunicaciones (Ruido) [Cualitativo], A7.- Tasa de crecimiento AMI por tecnología [%], A8.- Ancho de banda de canal máx. [MHz] e A9.- Seguridades [Cualitativo].

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 3.2.13 Matriz Original [MATRIZ_TEC]

MATRIZ [MATRIZ_TEC]						
Atributo	Atributos	UNIDADES	GPON	RF-MESH	BPL	REFERENCIA AMI
1	Cobertura - rango - máx	Km	60	10	0,02	2
2	Latencia o retardo	ms	1	20	150	4
3	Disponibilidad	%	99,999	99,6	99,1	99,8
4	Velocidad de transmisión uplink máx	Gbps	1,25	0,15	0,1	0,0025
5	Velocidad de transmisión downlink máx	Gbps	2,5	0,15	0,2	0,0025
6	Nivel de Interferencia en las comunicaciones (Ruido)	cualitativo	3	2	1	2
7	tasa de crecimiento AMI por tecnología	%	0,1	1,4	0,1	1%
8	Ancho de banda canal máx	MHz	40	20	30	20
9	Seguridad	cualitativo	1	2	1	2

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Como se puede apreciar en la tabla anterior todas las plataformas cumplen las referencias o requisitos para una correcta operación de los servicios AMI, es importante resaltar atributos importantes que la experiencia nos permite considerar para temas de decisión, como son, el atributo de latencia, interferencia, disponibilidad y seguridades.

La interferencia en las tecnologías inalámbricas es algo que se debe considerar por cuanto al trabajar con frecuencias del espectro en bandas no licenciadas o libres, esto puede ser un problema en momentos que se necesite actuar de manera inmediata sobre algún equipo o disminuir la disponibilidad de los enlaces; a pesar que en la mayoría de los casos es solucionable de manera remota.

En cuanto a capacidades se aprecia que todas las plataformas sobrepasan los requerimientos básicos para AMI, de igual manera el atributo de tasa de transferencia o velocidades de transmisión.

Algo que si se debe considerar es el atributo de cobertura, como se ha explicado y experiencia, la tecnología GPON tiene una cobertura máxima de 60Km y RF-Mesh hasta de 10Km. La plataforma que no tiene un dato que beneficie en este atributo es BPL, por cuanto depende mucho del estado de la red eléctrica y por su misma forma de operar necesita, en nuestro medio un repetidor cada 50 mts, tal como, se consideró para este estudio y en algunas ocasiones son necesarios más debido a temas de distancia.

Se podría predecir por simple observación de resultados, que el orden de prelación de la plataforma que mejor desempeño tiene en base a sus características técnicas sería de la siguiente manera:

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

1.- GPON

2.- RF-MESH

3.- BPL

3.2.5 Análisis de Datos.

3.2.5.1 Análisis de Datos de Costos.

Luego de realizar todos los análisis de cada una de las variables, inversión inicial, costos de operación y mantenimiento, se puede deducir que la tecnología más viable para implementar el servicio AMI sería RF-MESH, por todos sus costos de inversión bajos, no necesita mayor infraestructura para su red de transporte y acceso, fácil mantenimiento y operación a más de su bajo costo.

En la Tabla 3.2.7 Inversión Inicial por Plataforma podemos resaltar que el rubro de equipos es el que mayor incidencia tiene al momento de identificar una tecnología, se puede apreciar que GPON tiene un costo elevado en inversión inicial en cuanto a equipos.

En la Tabla 3.2.8 Operación y Mantenimiento se constató que BPL tiene el mayor costo operativo, esto se debe a que no es una red que presente mayor estabilidad y confiabilidad a nivel de sus equipos, por tal motivo el rubro de personal técnico, que es el más determinante de esta variable, es elevado para esta tecnología por cuanto se requiere de un grupo adicional de manera continua para cualquier eventualidad que se presente.

3.2.5.2 Análisis de Datos técnicos.

Una vez analizada la variable características técnicas, se identificó que todas las plataformas cumplen en la mayoría de los atributos en base a los requerimientos de AMI y en los que no cumple, se pudo determinar que dichos atributos no son determinantes para la selección. Se identificó que la latencia, disponibilidad, interferencia y seguridades son atributos muy determinantes para la selección.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

3.2.6 Análisis de Costo – Beneficio.

Una vez que se ha determinado en base al análisis comparativo de todas las variables que la plataforma de telecomunicaciones adecuada para operar la infraestructura AMI es RF-MESH, procedemos analizar si existe un costo beneficio para esta inversión una vez que se aplique la infraestructura AMI para un segmento de 1000 clientes.

3.2.6.1 Costos por Lecturas anuales.

Para el cálculo del costo anual por lecturas se ha considerado una lectura por cliente de manera mensual; a continuación se expone todo el proceso de cálculo para determinar el costo anual por lecturas, mismo que se cancela a un contratista para realizar esta labor:

Tabla 3.2.14 Costo por lecturas mensual - Contratista

Costo por Lecturas Mensual Contratista		
Descripción	Unid	Valor
Sueldo mensual del personal incluye beneficios	\$	900
Movilización y Subsistencias	\$	350
Seguros	\$	150
Sub total	\$	1400
Utilidad 30%	%	1820
Total	\$	1820

**Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor**

Como se puede apreciar en la Tabla 3.2.14 Costo por lecturas mensual - Contratista, se considera el sueldo del personal, para un lector y un digitador, más movilización y seguros privados de vehículos y personales, además una utilidad del 30%; dando un valor total al mes por lecturas de 1000 clientes de \$ 1820,00.

Para el cálculo anual es necesario determinar el costo unitario por lectura, en la Tabla 3.2.15 Costo unitario por lecturas a 1000 clientes se presenta dicho análisis.

Tabla 3.2.15 Costo unitario por lecturas a 1000 clientes

Costo unitario por Lecturas a 1000 clientes		
Descripción	Unid	Valor
Costo mensual	\$	1820
Costo diario (20 días laborables)	\$	91
Número de lectuas diarias	U	50
Costo unitario po lecturas	\$	1,82

**Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor**

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Para el cálculo del valor unitario, se ha considerado el valor mensual por lecturas para el total de días laborables y se obtiene el costo diario; este valor se compara para el total de lecturas proyectadas al día y se obtiene el costo por lectura, que para este estudio es de \$1,82 por cada cliente.

En la Tabla 3.2.16 Costo anual por lecturas se puede observar el análisis para obtener el valor anual por lecturas, siendo este un valor fijo a pagar por este trabajo, ya que es necesario para poder facturar al cliente su consumo.

Tabla 3.2.16 Costo anual por lecturas

Costo por Lecturas Anual		
Descripción	Unid	Valor
Costo unitario por lecturas a 1000 clientes	S	1,82
Total de clientes a leer por mes	U	1000
Sub total	S	1820
Cantidad de meses	# meses	12
Costo en un año (12 meses)	S	21840

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Se puede apreciar en la tabla anterior que el costo anual por lecturas de mil clientes que es cancelado a un contratista es de \$21840.

3.2.6.2 Costos operativos por desconexiones y reconexiones para 1000 clientes.

Para el análisis de este dato se ha considerado un grupo de dos técnicos, un jefe de grupo y un electricista, más todos los costos que se incluyen para la utilización de un vehículo para atender a 6 clientes por día, sea por reconexiones o desconexiones. Adicionalmente se ha considerado que el 10% de clientes no cancelan y como norma Centrosur tiene para la zona urbana que los cortes se realizan a partir del segundo mes de encontrarse en mora.

Tabla 3.2.17 Costo operativo anual por desconexiones y reconexiones a 1000 clientes

Costo operativo anual por Desconexiones y Reconexiones a 1000 clientes		
Descripción	Unid	Valor
Costo mensual de un grupo (1 Jefe, 1 Electricista y camioneta)	S	5300
Costo diario (20 días laborables)	S	265
Número de desconexiones o reconexiones diarias	U	6
Número clientes para corte (c/2 meses urbano) 10%	U	100
Número de Grupos necesarios mensualmente	U	17
Costo del grupo para 100 cortes	S	4417
Costo del grupo para 100 cortes Anual (6 veces al año)	S	26500
Costo Anual del grupo por desconexiones mas reconexiones	S	53000

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Como se puede visualizar en la Tabla 3.2.17 Costo operativo anual por desconexiones y reconexiones a 1000 clientes, se considera que a 100 clientes se les debe desconectar y reconectar cada 2 meses, es decir 6 veces al año, para ello es necesario determinar el número de grupos que son necesarios para cubrir esta labor, dando un resultado de 17 grupos. Se tiene que el costo diario del grupo es de \$265,00; entonces el costo del grupo para realizar los 100 cortes o desconexiones es de \$ 4417,00, como se requiere realizar esta labor seis veces al año nos da un valor de \$ 26500 y como se realiza la misma labor para desconectar y reconectar el costo total anual por este rubro sería el doble, es decir de \$53000,00.

3.2.6.3 Costo anual por pérdidas No técnicas para 1000 usuarios.

Para el cálculo del valor de las pérdidas No técnicas, partimos del costo de un KWh que se encuentra alrededor de 0,11c\$, este valor le pasamos a MWh y valoramos para 1000 clientes dando un valor de 110 MWh. El registro de pérdidas para la empresa es mensual en MWh. Para el cálculo de este costo se ha considerado el valor más alto del 2015 que fue de 20977 MWh, correspondiente al mes de enero del 2015.

Una vez que conocemos estos datos calculamos el costo de perdida por cliente residencial, por cuanto el valor que presento para enero fue en total para la empresa y es necesario determinar para el segmento de 1000 clientes que corresponden a este análisis; el resultado por cliente es de 7,15; representando un valor mensual de \$7151,00 y anual de \$85815,00, como se puede apreciar todo el análisis en la Tabla 3.2.18 Costo anual por pérdidas No técnicas para 1000 usuarios.

Tabla 3.2.18 Costo anual por pérdidas No técnicas para 1000 usuarios

Costo anual por pérdidas No técnicas para 1000 usuarios		
Descripción	Unid	Valor
Costo por c/kWh para mil 1000 clientes en MWh	\$/MWh	110
Pérdidas mensuales No técnicas ref. el más alto 2015	MWh	20977
Costo por pérdidas NO técnicas	\$	2307439
Total de clientes residenciales	U	322661
Costo unitario por cliente residencial	\$	7,15
Costo por pérdidas NO técnicas para 1000 clientes	\$	7151
Costo anual por pérdidas NO técnicas para 1000 clientes	\$	85815

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

3.2.6.4 Costo anual por pérdidas técnicas para 1000 usuarios.

Se ha calculado un costo para mil clientes por pérdidas técnicas, mismas que se ha considerado en mejorar en un 2% al año para este segmento de clientes. El resultado del análisis nos indica que es un valor no determinante pero suma al final del cálculo; un dato importante es que estas pérdidas técnicas en Centrosur son bajas, por tal motivo este valor de \$5296 al año, no es representativo.

Tabla 3.2.19 Costo anual por pérdidas técnicas para 1000 usuario (2%)

Costos anual por pérdidas técnicas para 1000 usuarios 2%		
Descripción	Unid	Valor
Costo por c/kWh para mil 1000 clientes en MWh	S/MWh	110
Pérdidas mensuales técnicas ref. julio 2015	MWh	64731
Costo por pérdidas técnicas	\$	7120410
Total de clientes residenciales	U	322661
Costo unitario por cliente residencial	\$	22,07
Costo por pérdidas técnicas para 1000 clientes	\$	22068
Costo anual por pérdidas técnicas para 1000 clientes	\$	264813
Costo anual de recuperación por reducción de pérdidas técnicas 2%	\$	5296

Fuente: Archivos del autor

Elaborado por: El Autor

3.2.6.5 Resumen costo - beneficio para Centrosur al implementar AMI para un segmento de 1000 clientes residenciales.

El beneficio que Centrosur tiene al implementar AMI para este número de clientes residenciales es considerable, para una mejor explicación se ha dividido en 2 tipos, beneficios tangibles e intangibles.

➤ **Beneficios tangibles.**

- 1) La recuperación de la inversión de la plataforma de telecomunicaciones se da al 4 año en su totalidad.
- 2) La recuperación de valores por pérdidas No técnicas es un ahorro considerable para la empresa, que al momento es un costo pero luego se convertirá en ahorro.
- 3) La recuperación de valores por pérdidas técnicas es un ahorro que suma como beneficio para la empresa.
- 4) Los costos operativos para atender desconexiones y reconexiones al año son determinantes para considerar la implementación de esta infraestructura.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

- 5) El ahorro también vendría por el lado de las lecturas a cada cliente, ya que no sería necesario contar con este servicio.

➤ **Beneficios Intangibles.**

- 1) Mejor imagen y atención al cliente por cuanto es una automatización del servicio de distribución eléctrica.
- 2) Los clientes pueden gestionar su demanda, por cuanto es posible verificar su consumo a diario, por hora, por semana, etc. y verificar en línea y de manera remota su consumo que le permitirá planificar su demanda convirtiéndose esto en ahorro para el cliente y mejor imagen para Centrosur.
- 3) Evita que el cliente esté trasladándose, llevando, comunicándose con la empresa para registrar sus lecturas y así evitar posibles re-facturaciones en lo posterior.
- 4) Para la empresa se puede representar como beneficio por cuanto la concurrencia de los clientes es menor y en algunos casos ese personal puede ser transferido a realizar otras tareas que sean necesarias.
- 5) Se puede tener mejor control de la red de distribución, permitiendo planificar ya que es posible medir la cargabilidad de los transformadores.
- 6) Disminución de cortes por falla de sobrecarga en los transformadores.
- 7) Mejor servicio para reconexiones de servicio de los clientes.
- 8) Beneficio para la empresa para gestión de cortes o desconexiones.

Como se puede apreciar es posible seguir enumerando los beneficios que tendría Centrosur al contar con esta infraestructura, de ahí su viabilidad.

A continuación se presenta una tabla resumen en la cual se observa lo antes descrito:

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

Tabla 3.2.20 Total de Ahorro al implementar AMI

Total de Ahorro anual al implementar AMI en 1000 clientes		
Descripción	Unid	Valor
Costo anual por pérdidas No técnicas para 1000 usuarios	\$	85815
Costo operativo anual por Desconexiones y Reconexiones a 1000 clientes	\$	53000
Costos anual por pérdidas técnicas para 1000 usuarios 2%	\$	5296
Costo por Lecturas Anual	\$	21840
	Total de ahorro anual	\$ 165952
	Recuperación de la inversión 4 años	\$ 663807
	Inversión de la plataforma RF-MESH para AMI	\$ 662600
	Saldo Recuperación - inversión	Saldo \$ 1207

Fuente: Archivos del autor

Elaborado por: El Autor

Como se puede apreciar en la Tabla 3.2.20 Total de Ahorro al implementar AMI, a más de los beneficios tangibles e intangibles que fueron indicados anteriormente, reflejan que la inversión realizada se recupera en cuatro años a más de todos los beneficios sociales que esta infraestructura produce hacia los clientes, por lo cual su viabilidad está sustentada sin inconvenientes.

CAPÍTULO 4.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 ANÁLISIS CAUSA EFECTO

Para realizar el análisis de Causa Efecto de nuestro estudio, utilizaremos la metodología del “Diagrama de Ishikawa” o “Diagrama Espina de Pescado”, con el objetivo de mostrar las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara y precisa; permitiendo una mejor comprensión del análisis comparativo de este estudio.

4.1.1 DIAGRAMA CAUSA – EFECTO (ISHIKAWA)

4.1.1.1 Definición del Efecto o problema.

El efecto analizar o problema actual de Centrosur se basa en la elección de la plataforma tecnológica de telecomunicaciones que preste las mejores características económicas y técnicas para la implementación de la infraestructura AMI a los clientes residenciales, ya que en la actualidad existe una gran variedad de tecnologías y sistemas que pueden ser utilizadas con esta finalidad, no obstante no está determinada una plataforma específica para la aplicación del AMI.

4.1.1.2 Principales categorías de las causas del efecto o problema.

Esta parte nos permite definir los factores que inciden de manera general sobre el efecto a analizar:

- 1) Actualidad AMI
- 2) Planificación Empresa / EERCs
- 3) Recurso Humano
- 4) Ordenanzas Municipales de Cuenca en Telecomunicaciones
- 5) Variedad de Conceptos AMI
- 6) Avance Tecnológico a corto Plazo.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

4.1.1.3 Determinación de las Causas – Diagrama de ISHIKAWA

Para cada una de las categorías principales, antes expuestas, existen varias causas que se indican a continuación:

➤ **Actualidad AMI**

- No existe proyectos piloto en otras distribuidoras.
- En algunas distribuidoras existen plataformas de telecomunicaciones sobre dimensionadas o sub dimensionadas.

➤ **Planificación Empresa / EERCS**

- No existe instrucciones específicas para la implementación de la infraestructura AMI en Centrosur.
- No existe un procedimiento adecuado para la selección de una adecuada plataforma de telecomunicaciones.

➤ **Recurso Humano**

- No existe personal calificado en la Empresa para la implementación de estas tecnologías.
- Falta de una visión de cambio hacia tecnologías modernas, esto debe nacer de un líder con conocimientos sobre nuevas plataformas.

➤ **Ordenanzas Municipales de Cuenca en Telecomunicaciones**

- Falta de normativa en el cabildo para el crecimiento de plataformas de telecomunicaciones.
- Falta de apoyo interinstitucional para el crecimiento o instalación de nuevas plataformas en ciertas zonas.

➤ **Variedad de Conceptos AMI**

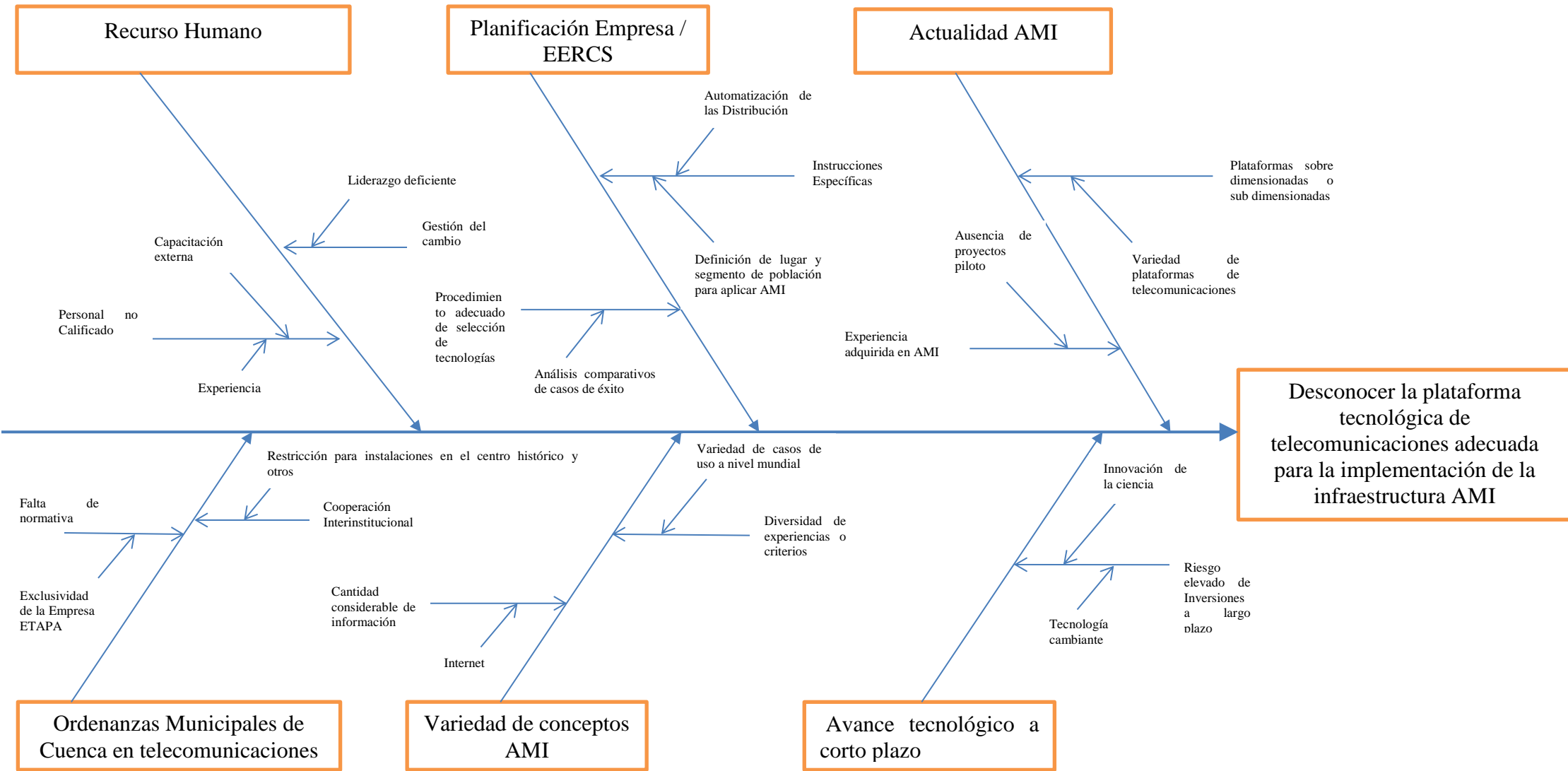
- Existe demasiada información en internet que llega a confundir sobre plataformas de telecomunicaciones que se pueden emplear para AMI.
- De igual manera la diversidad de criterios o experiencias de empresas que han operado tecnologías muestran una variedad de plataformas utilizadas y no siguen un solo esquema de operatividad.

➤ **Avance Tecnológico a corto Plazo.**

- Existe un miedo a inversiones a largo plazo en cuanto a tecnologías de telecomunicaciones debido al avance tecnológico, por lo cual se encuentran indecisas al momento de decidir por alguna de ellas.

También existen sub causas para cada una de las causas antes descritas, mismas que las podemos apreciar en el Diagrama de ISHIKAWA que se muestra a continuación:

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.



Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

4.2 COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS Y DE OBJETIVOS

4.2.1 HIPOTESIS.

La hipótesis que se planteó para este estudio indica que la elección de una adecuada plataforma de telecomunicaciones para la implementación de la infraestructura AMI traerá consigo beneficios económicos y operativos para la Empresa Eléctrica Regional Centrosur

En la Tabla 3.2.20 Total de Ahorro al implementar AMI, queda plenamente demostrado la hipótesis pues se establece un beneficio económico a mediano plazo y un beneficio operativo a corto plazo para Centrosur, debido a que se recuperará la inversión en su totalidad en el cuarto año de operación y además en el ámbito operativo se suprimirán las lecturas en sitio a través de los grupos operativos propios de Centrosur y contratistas.

Tabla 4.2.1 Resumen beneficios Económicos y Operativos

Resumen Beneficios Económicos y Operativos		
Descripción	Unid	Valor
Beneficio operativo directo	\$	74840
Beneficio económico directo	\$	588967

Fuente: Archivos del autor

Elaborado por: El Autor

Se puede concluir que como enlace de última milla para los medidores de clientes residenciales o automatización de la distribución, la plataforma RF-MESH es la más adecuada en base a todos los parámetros y atributos analizados, generando consecuentemente beneficios económicos y operativos para Centrosur.

4.2.2 OBJETIVOS.

4.2.2.1 Objetivo General.

“Analizar las diferentes plataformas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permitan operar la infraestructura AMI en la CENTROSUR C.A.”

CENTROSUR cuenta actualmente con tres plataformas de telecomunicaciones GPON, BPL y RF MESH, las mismas se adquirieron con la finalidad de proveer el

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

servicio de valor agregado internet y transmisión de datos a sus clientes desde el 2009, labor que lo ha venido realizando sin inconvenientes hasta el 2012, cuando existieron nuevas directrices para el sector eléctrico y un acuerdo con la empresa ETAPA, debido esto se ha dejado de comercializar estos servicios en el cantón Cuenca.

Debido a estas decisiones y los nuevos proyectos que viene realizando el MEER para el cambio del sector eléctrico y mejora de la gestión de las distribuidoras del país, ha realizado inversiones muy significativas en proyectos como el Scada Nacional, Centro de Contacto Nacional, Automatización de la Distribución, OMS –DMS, AMI, entre otros. Para poder tener una operatividad a nivel país fue necesario crear una red única de telecomunicaciones entre todas las distribuidoras, para ello fue creada la RENTSE, que es la Red Nacional de Telecomunicaciones, como se explica en el Marco Referencial, esta nos permite mantener una comunicación en línea entre los Centros de Datos nacionales y entre las empresas.

Para operar la RENTSE fue necesario que cada empresa distribuidora del país tenga una red de transporte entre sus subestaciones y equipos de gestione de la distribución eléctrica, para lo cual Centrosur aprovecho sus tecnologías que tenía desplegadas en la ciudad de Cuenca y en el resto de lugares de su área de concesión.

Estas plataformas tecnológicas fueron adquiridas para un objetivo específico en este estudio se realizó un análisis comparativos entre estas tecnologías para determinar una adecuada para implementar la infraestructura AMI; resultando RF-MESH como la más apropiada para operar como enlace de última milla, cumpliendo el objetivo general planteado.

4.2.2.2 Objetivos Específicos.

1.- Determinar los parámetros técnicos básicos para seleccionar una adecuada plataforma de telecomunicaciones a usarse en la Centrosur.

Los parámetros técnicos básicos fueron seleccionados en la matriz de características técnicas y a su vez, estas, comparadas con los requerimientos básicos que solicita AMI para que una plataforma de telecomunicaciones se operativa y garantice un tecnología de última milla para su correcto funcionamiento. En base a todos estos atributos fue factible evaluar la variable características técnicas de los sistemas, determinando que

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

todas las plataformas cumplen con los requerimientos básicos e identificando los atributos que son determinantes para seleccionar una adecuada plataforma de telecomunicaciones, en cuanto a parámetros técnicos, permitiendo que esta tecnología opere como enlace de última milla en la infraestructura AMI, cumpliendo con este objetivo específico.

2.-Analizar y comparar atributos técnicos, económicas y de infraestructura de las diferentes plataformas de Telecomunicaciones.

Mediante las variables inversión inicial y costos de operación y mantenimiento se pudo analizar, comparar y evaluar los atributos técnicos, económicos y de infraestructura de cada una de las tecnologías permitiendo escoger a RF-MESH como la más adecuada, debido a costos por inversión inicial bajos, sus costos por eventualidades, de operación y mantenimiento, los cuales son menores en comparación con las otras plataformas analizadas. Esta comparación y análisis de estos atributos influyeron de manera determinante para la selección de ésta plataforma como la más adecuada para operar como el enlace de última milla de la infraestructura AMI, cumpliendo con este objetivo específico planteado.

3.- Determinar la relación costo beneficio en la aplicación de la plataforma de telecomunicaciones seleccionada.

Conociendo que RF-MESH es la tecnología adecuada para la red de última milla, se constató, luego de un análisis su relación costo beneficio, resaltando entre otras cosas que la inversión es recuperada en 4 años y que los beneficios sociales tangibles e intangibles permiten que Centrosur mejore su imagen y calidad de atención al cliente, cumpliendo con este objetivo específico planteado.

La infraestructura AMI permite la facilidad, comodidad y seguridad de contar con una tecnología de vanguardia que beneficia tanto al usuario como a la Empresa.

4.3 PROPUESTA DE MEJORA

4.3.1 OBJETIVOS DE LA PROPUESTA DE MEJORA

La propuesta que se plantea permitirá contar con un modelo y procedimiento para seleccionar una plataforma adecuada de telecomunicaciones para la operación de la

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

infraestructura AMI y que las inversiones realizadas sean para largo plazo, en conocimiento del avance tecnológico acelerado que existe hoy en día en cuanto a este tipo de plataformas. También permitirá contar con una planificación para la implementación, despliegue y el crecimiento de la red que ayudará a tener una visión clara y establecer estrategias en este campo, con la perspectiva de interoperabilidad entre las infraestructuras de una Smart Grid.

4.3.2 ESTRUCTURA DE LA PROPUESTA.

Luego de determinar que la plataforma de telecomunicaciones RF-MESH es la adecuada para la operación de la infraestructura AMI, se ha considerado importante plantear una propuesta de mejora atacando a las causas principales que fueron determinadas anteriormente en el punto 4.1.1.3 **Determinación de las Causas – Diagrama de ISHIKAWA**; esta propuesta se encuentra dividida en varias etapas como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 4.3.1 Etapas de la propuesta de mejora

N°	ETAPAS	RESPONSABLE	AREA RESPONSABLE	PARÁMETRO DE MEJORA	LIDER DE LA ETAPA
1	Determinar la Operación de la Infraestructura AMI en el sector definido	Jefe Departamento de Infraestructura Ing. Planificación Ing. Electrónico	Jefatura de Infraestructura. Jefatura de Planificación	Determinar requisitos básicos, parámetros y funcionalidades de la infraestructura AMI que permita un correcto dimensionamiento de la plataforma de telecomunicaciones como acceso de última milla. (F.A.N.)	DIRECTOR DE TECNOLOGÍA

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

2	Gestionar con ARCOTEL una frecuencia única para la operación de la Plataforma RF_MESH, como requerimiento del Sector Eléctrico para la operación de la Automatización de la Distribución. - Verificar si existe influencia de ordenanza Municipales.	Jefe del Departamento de Infraestructura	Jefatura de Infraestructura.	Cambiar de un espectro de operación inalámbrica libre (no licenciado) a uno exclusivo del sector eléctrico (licenciado). Esto permitirá una operación continua sin problemas de interferencias, al contar con una única frecuencia de operación.	DIRECTOR DE TECNOLOGÍA
3	Pruebas de Laboratorio de la tecnología seleccionada.	Ing. Electrónico	Intendente de Infraestructura	Determinar mediante pruebas en laboratorio todas las bondades y características de esta plataforma RF-MESH	JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA
4	Socializar a los clientes sobre esta nueva tecnología en el sector definido	R.R.P.P Ing. de Planificación	Intendente de Planificación	Mantener informado a los clientes sobre los cambios de la red de medición y los beneficios que acarrea esta nueva implementación.	JEFE DEL DEPARTAMENTO DE PLANIFICACION
5	Capacitación del Recurso Humano de Gestión Operativa y Soporte	Contratista de la Implementación	Intendente de Infraestructura	Fortalecer los conocimientos del personal operativo y de soporte, ayudará a mitigar los problemas que se presenten en la plataforma a futuro.	JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

6	Mejora y repotenciación de los equipos y red de telecomunicaciones existente	Ing. Electrónico	Intendente de Infraestructura	Determinar los puntos de la red existente para repotenciar sus enlaces y mejorar su red de transporte.	JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA
7	Instalación de repetidores y equipos para funcionar en red MESH	Ing. Electrónico Contratista de la Implementación	Intendente de Infraestructura	Instalar los repetidores en los puntos que el área de planificación determine como los adecuados para cubrir a todos los clientes.	JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA
8	Pruebas de campo, para segmento de clientes definido	Ing. Electrónico Contratista de la Implementación	Intendente de Infraestructura	Seleccionar un área para pruebas piloto y de campo, que ayude a determinar si existe algún inconveniente que se puede ir solucionando, puliendo o mejorando.	JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA
9	Puesta en operación de la Plataforma de Telecomunicaciones RF_MESH	Ing. Electrónico Contratista de la Implementación	Intendente de Infraestructura	Luego de realizar todas las pruebas necesarias, es oportuno poner en funcionamiento y operación toda la red.	JEFE DEL DEPARTAMENTO DE INFRAESTRUCTURA
10	Acompañamiento post instalación para afinamiento de la Red de Telecomunicaciones y solución de fallas en caso de haberlas	Contratista de la Implementación	Ing. Electrónico	Se requiere mantener un acompañamiento de 3 meses del contratista para verificar y afinar la red en operación.	INTENDENTE DE INFRAESTRUCTURA

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

11	Acompañamiento post instalación para afinamiento de la infraestructura AMI y solución de fallas en caso de haberlas	Contratista de la Implementación	Ing. Electrónico	Se necesario mantener un acompañamiento de 3 meses del contratista para verificar en sitio y compara las mediciones realizadas vía remota con las reales en campo y poder afinar la red AMI.	INTENDENTE DE INRAESTRUCTURA
----	---	----------------------------------	------------------	--	------------------------------

Fuente: Archivos del autor
Elaborado por: El Autor

A continuación se hace un resumen breve de todas las etapas que se citan en la Tabla 4.3.1 Etapas de la propuesta de mejora:

➤ **Determinar la Operación de la Infraestructura AMI en el sector definido.**

En esta etapa se determinarán los requisitos básicos, parámetros y funcionalidades de la infraestructura AMI que permita un correcto dimensionamiento de la plataforma de telecomunicaciones como red de acceso de última milla. (F.A.N.).

➤ **1) Gestionar con ARCOTEL una frecuencia única para la operación de la Plataforma RF_MESH, como requerimiento del Sector Eléctrico para la operación de la Automatización de la Distribución. 2) Verificar si existe influencia de ordenanza Municipales.**

Esta etapa es muy importante, porque es necesario realizar las gestiones que correspondan por parte de las autoridades para contar con una frecuencia licenciada que permita la operación de la infraestructura inalámbrica RF-MESH para el sector eléctrico ecuatoriano, de esta manera se podría brindar un servicio continuo y con mayor disponibilidad por cuanto solo las empresas distribuidoras de energía operarían en esta frecuencia evitando temas de interferencia por trabajar en bandas no licenciadas.

Para el lugar en donde se está realizando la propuesta no es necesario contar con permisos municipales y de igual manera no se ve afectada por ninguna ordenanza municipal para temas de instalación y despliegue.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

➤ **Prueba de Laboratorio de la tecnología seleccionada.**

Como una mejora, a lo que habitualmente se hace, es necesario realizar pruebas en laboratorio de todas las características, funcionalidades y detalles de la operación de la plataforma RF-MESH en integración con la infraestructura AMI, por cuanto se puede realizar casos de uso que sería importantes y determinantes para la empresa, ganando tiempo valioso el momento de la implementación por tener un porcentaje grande de avance al momento de realizar las pruebas de funcionamiento in situ.

➤ **Socialización a los clientes sobre esta nueva tecnología en el sector definido.**

Conjuntamente con el personal de Relaciones Públicas de la Empresa se debería realizar campañas de sociabilización de esta nueva plataforma de telecomunicación y su interoperabilidad, resaltando las mejoras y beneficios que recibirán los clientes, esto se relejara ante ellos como una mejora sustancial en la atención al cliente y una efectividad en el suministro de energía eléctrica, por otra parte de manera masiva vía mensajes SMS se informará al cliente de esta nueva plataforma y servicios.

➤ **Capacitación Recurso Humano Operativo/Soporte.**

El existo de la implementación de esta plataforma de telecomunicaciones sería la capacitación que recibirán todo el personal de la parte operativa como de soporte, por cuanto es vital que el conocimiento a detalle de toda la tecnología quede en la empresa, con esto evitaremos manejos empíricos que llevaran a decisiones que puedan afectar el funcionamiento de la infraestructura AMI y la imagen institucional de Centrosur.

Está capacitación podrá ser en las instalaciones de la empresa en donde se cuenta con una sala que permite abarcar a todos los involucrados en esta implementación, podría considerarse parte de esto el acompañamiento tanto en la etapa de pruebas de laboratorio y las de afinamiento y corrección de fallas.

➤ **Mejora y repotenciación de los equipos y red de telecomunicaciones existente.**

Se realizará una mejora y repotenciación de todos los nodos existen, en cuanto a la instalación de nuevos bancos de baterías para respaldos de energía, evaluar los enlaces de Backhaul, sus capacidades, upgrades de sistemas operativos, configuraciones de

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

seguridades, rediseñar y configurar un nuevo esquema lógico de la red a nivel de la capar de datos y transporte, con el objetivo de tener una red lista para la integración con la nueva plataforma MESH y la infraestructura AMI.

➤ **Instalación de repetidores y equipos para funcionar en red MESH (Mano de obra).**

En esta etapa con el personal de la empresa y los contratistas se realizará la instalación y montaje de toda la plataforma nueva RF-MESH; la instalación y pruebas iniciales de los repetidores, cobertura y afinación de enlaces. También se considera la instalación en un grupo de clientes la infraestructura AMI, con el objetivo de tener listo para las pruebas de campo; el valor que se presupuesta corresponde solo a mano de obra.

➤ **Pruebas de campo, para el segmento de clientes definido.**

En esta etapa, una vez que los equipos se encuentran instalados y con pruebas iniciales correctas, se realizará una prueba pilote de integración e interoperabilidad con la infraestructura AMI, en esta labor deberá participar personal del Centro de supervisión y Operaciones que permitirán monitorear la red en funcionamiento y realizar los ajustes necesario para afinar los equipos AMI y a su vez el personal de soporte debe realizar lo propio para los equipos de telecomunicaciones.

➤ **Puesta en operación de la Plataforma de Telecomunicaciones RF_MESH.**

Una vez concluida con satisfacción la etapa de pruebas de campo, se procederá a la implementación de estas dos tecnologías a todos los clientes que la empresa destinará a operar con este nuevo esquema.

4.3.3 RESULTADOS ESPERADOS DE LA PROPUESTA.

Los resultados que se esperan de la propuesta de mejora están orientados en dos aspectos principales: En el tema tecnológico con la implementación de una plataforma de telecomunicaciones adecuada para la operación de la infraestructura AMI a largo plazo y en el aspecto económico con la optimización de recursos y ahorro por los costos operativos en la comercialización de la energía.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

- **Aspecto tecnológico.**

Las 3 tecnologías analizadas nos han permitido identificar a RF-MESH como la más adecuada para la operación de la infraestructura AMI en Centrosur, por cuanto el sector eléctrico se encuentra en un proceso de masificar este servicio a los clientes residenciales. Es importante la determinación realizada por cuanto la tecnología que se seleccionó permitirá tener una interoperabilidad con todos los equipos, sistemas y la parte crucial de ésta se encuentra en la decisión de optar por una licencia de frecuencia única de operación que beneficiaría a gran nivel la operatividad de la distribución y comercialización eléctrica a nivel de Centrosur y el país.

- **Aspecto económico.**

La decisión de optar por la tecnología RF_MESH permitirá un ahorro económico al momento de la inversión inicial por cuanto se pudo apreciar que es la plataforma más económica en todos los aspectos y lo más importante es que cumple con los parámetros técnicos básico de AMI que permitirá un despliegue masivo y a corto plazo. En cuanto a nivel de la comercialización de la energía eléctrica el ahorro también se encuentra presente por cuanto al momento de implementar la infraestructura AMI, la empresa estaría ahorrando gastos operativos a terceros por toma de lecturas, cortes, reconexiones, movilización innecesaria de cuadrillas por daños puntuales, gastos por re-facturaciones, gastos por recuperación de pérdidas no técnicas, gastos por falla en transformadores con sobrecarga, entre otras.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

4.3.4 PRESUPUESTO Y CRONOGRAMA DE LA PROPUESTA DE MEJORA.

4.3.4.1 Presupuesto para la aplicación de las etapas de la propuesta de mejora.

Tabla 4.3.2 Presupuesto para la aplicación de las etapas de la propuesta de mejora

PRESUPUESTO DE LA PROPUESTA DE MEJORA		
Nº	ETAPAS	PRESUPUESTO PARA LA APLICACIÓN DE LA ETAPA
1	Determinar la Operación de la Infraestructura AMI en el sector definido	\$ 1.000,00
2	Gestionar con ARCOTEL una frecuencia única para la operación de la Plataforma RF_MESH, como requerimiento del Sector Eléctrico para la operación de la Automatización de la Distribución.	\$ 1.500,00
	- Verificar si existe influencia de ordenanza Municipales.	\$ 500,00
3	Pruebas de Laboratorio de la tecnología	\$ 1.000,00
4	Socialización a los clientes sobre esta nueva tecnología en el sector definido	\$ 2.000,00
5	Capacitación Recurso Humano Operativo/Soporte	\$ 3.000,00
6	Mejora y repotenciación de equipos y red de telecomunicaciones existente	\$ 15.000,00
7	Instalación de repetidores y equipos para funcionar en red MESH (Mano de obra)	\$ 1.500,00
8	Pruebas de campo, para segmento de clientes definido	\$ 500,00
9	Puesta en operación de la Plataforma de Telecomunicaciones RF_MESH	\$ 1.500,00
	Costo Total de la propuesta	\$ 27.500,00

Fuente: Archivos del autor

Elaborado por: El Autor

El costo que se puede apreciar en la Tabla 4.3.2 Presupuesto para la aplicación de las etapas de la propuesta de mejora, será un costo adicional que se sumara a los valores de inversión mencionados en la Tabla 3.2.12 Costo total por Implementación que permitirá la aplicación de cada una de las etapas de la propuesta de mejora.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

4.3.4.2 Cronograma de ejecución de la Propuesta de mejora.

Tabla 4.3.3 Cronograma de ejecución de la Propuesta de mejora

Cronograma de la propuesta de mejora																						
N°	ETAPAS	Responsable	MES 1				MES 2				MES 3				MES 4				MES 5			
			semana				semana				semana				semana				semana			
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Determinar la Operación de la Infraestructura AMI en el sector definido	Jefe Departamento de Infraestructura Ing. Planificación Ing. Electrónico	■	■	■																	
2	Gestionar con ARCOTEL una frecuencia única para la operación de la Plataforma RF_MESH, como requerimiento del Sector Eléctrico para la operación de la Automatización de la Distribución. - Verificar si existe influencia de ordenanza Municipales.	Jefe del Departamento de Infraestructura	■	■	■																	
3	Pruebas de Laboratorio de la tecnología seleccionada	Ing. Electrónico				■	■	■														
4	Socialización a los clientes sobre esta nueva tecnología en el sector definido	R.R.P.P Ing. de Planificación					■	■	■	■												
5	Capacitación Recurso Humano Operativo/Soport	Contratista de la Implementación					■	■	■	■												
6	Mejora y repotenciación de	Ing. Electrónico				■	■	■	■													

CAPÍTULO 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

Las conclusiones adquiridas luego de este estudio elaborado, se las puede precisar en los siguientes aspectos:

- De las tres plataformas tecnológicas existentes en Centrosur se pudo determinar que RF-MESH es la más adecuada para la operación e interoperabilidad de la Infraestructura de Medición Avanzada AMI a nivel residencial en el sector definido para este efecto.
- Una vez determinada las características técnicas básicas de las tres plataformas de telecomunicaciones para la operación del AMI en Centrosur se pudo evidenciar que todas las plataformas cumplen con estos requerimientos básicos de operación de esta infraestructura, comprobando que no fue un factor determinante al momento de la selección de esta tecnología.
- El análisis comparativo de los atributos económicos permitió seleccionar a RF-MESH como la plataforma de telecomunicaciones adecuada, resaltando sobre estos la variable económica de inversión inicial y en segundo lugar la variable de costos de operación y mantenimiento. Demostrando un beneficio económico a mediano plazo y un beneficio operativo a corto plazo para Centrosur
- El resultado del análisis de costo beneficio muestra que la inversión inicial es recuperada en mediano plazo, el ahorro en pérdidas técnicas y No técnicas, a esto se suma el ahorro de pago a contratistas por lecturas, cortes y reconexiones. Se mejora la atención en reconexiones de servicio por mora, entre otras.
- Centrosur se beneficiará con una plataforma estable que permitirá una administración de los equipos instalados para la automatización de la distribución, el ahorro en reducir los reclamos por transformadores con sobrecarga, el envío no justificado de cuadrillas por daños puntuales puede ser revisado vía remota y con gestión en línea, entre otras cosas.
- Se incentiva la relación cliente-empresa por cuanto los clientes podrán consultar en línea sus consumos y administrar su demanda, permitiendo mantener un contacto directo al cliente con la empresa, mejorando la imagen institucional.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

- Se puede concluir también que la propuesta de mejora permite tener un lineamiento claro para cualquier proyecto del MEER, Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, que involucre una selección de plataformas de telecomunicaciones.
- Finalmente este estudio ha permitido identificar que en Centrosur es importante identificar oportunamente la plataforma que más se adecua a la infraestructura AMI, por cuanto se prevé que en un futuro esta infraestructura de medición avanzada se masificará a nivel de todos los clientes residenciales.

5.2 RECOMENDACIONES

Para lograr los resultados planteados en la aplicación de una plataforma de telecomunicaciones adecuada para operar AMI, se proponen algunas recomendaciones que permitirán cumplir con este fin:

- Conformar una comisión de tecnología y planificación interna que permita definir los lineamientos para la adquisición y planificación de las plataformas tecnológicas de telecomunicaciones.
- Delegar responsabilidades y supervisar las labores para que exista una sinergia entre las áreas de implementación y planificación.
- Mejorar la capacitación y entrenamiento del personal operativo y de soporte en todas las plataformas, esto garantizará en el presente y futuro y conocimiento a todo nivel de las plataformas implementadas.
- Realizar laboratorios que permitan probar las características y funcionalidades de los sistemas y plataformas actualizadas.
- Realizar casos de usos y solicitar acompañamiento a los contratistas durante y después de la implementación.
- Solicitar visitas para el personal operativo y de soporte a empresas de la región que cuenten con este tipo de tecnologías e infraestructura AMI, para compartir las mejores experiencias sobre este tema.
- Difundir a los clientes, mediante campañas masivas, ferias, etc. sobre los nuevos proyectos y tecnologías que este implementando Centrosur.

Análisis comparativo de Plataformas Tecnológicas de Telecomunicaciones que se pueden aplicar para la red acceso de última milla que permita operar la Infraestructura de Medición Avanzada (A.M.I.) en la Empresa Eléctrica Regional CENTROSUR C.A.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

AMI: Infraestructura de medición avanzada.

MEER: Ministerio de Electricidad y energías renovables.

TI: Tecnologías de la Información.

INECEL: Instituto Ecuatoriano de Electrificación.

SUPERTEL: Superintendencia de Telecomunicaciones.

SENATEL: Secretaria Nacional de Telecomunicaciones.

SMART GRID: Red Inteligente

FAN: Field Área Network, Red de última milla.

SIGDE: Sistema Integrado de gestión de la Distribución Eléctrica.

RD: Radio Frecuencia

MESH: Malla

SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

TIC's: Tecnologías de la información y Comunicaciones.

NIST: Instituto Nacional de Estándares y Tecnologías de Estados Unidos.

IEEE: Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica.

SGIRM: Modelo Referencial de interoperabilidad para Redes Inteligentes.

PLC: Comunicaciones a través de líneas eléctricas.

DWDM: Multiplexado compacto por división en longitudes de onda.

F.O: Fibra óptica.

BPL: Banda Ancho sobre líneas eléctricas.

KV: Kilo voltios

V: voltios

Uplink: enlace ascendente.

Downlink: enlace descendente.

ODF: Marco de distribución óptico.

OLT: Terminal de línea óptico

Splitter: Repartidor o caja separadora de fibra óptica.

Gateway: Puerta de enlace

GW-LVA: Equipo de baja tensión BPL.

CPE: Equipo local del cliente

ODU: Unidad externa

AP: Punto de acceso.

BIBLIOGRAFÍA

- AREA TECNOLOGIA. (2012). *LTE Y LTE ADVANCED*. Obtenido de <http://www.areatecnologia.com/tecnologia/lte.html>
- Boal, J. (2010). *Smart Grid*. Obtenido de <http://www.dea.icaei.upco.es/sadot/Comunicaciones/avanzadas/Smart%20grid%20-%20Jaime%20Boal.pdf>
- Boquer, M. C. (2003). *Servicios avanzados de telecomunicación*. Madrid: Diaz de Santos.
- Brito, J. M. (2011). *Servicios de medición avanzada AMI para redes inteligentes y su adaptabilidad en el marco de la legislación ecuatoriana*. Cuenca, Ecuador.
- Calle Cáceres, C. I. (2013). *Estudio y análisis técnico comparativo entre las tecnologías 4G Long Term Evolution (LTE) y LTE Advance*. Quito.
- Cevallos, R. R., Montalvo, R. E., & Vinueza, M. R. (s.f.). *Estudio y Diseño de una Red de Última Milla, Utilizando la Tecnología G-PON, Para el Sector del Nuevo Aeropuerto de Quito*. Obtenido de Biblioteca Digital EPN: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/3708/1/2010AJIEE-31.pdf>
- COMITE TECNICO SIGDE NACIONAL. (2014). *Memoria general del proyecto AMI de Centrosur*. Cuenca.
- Diaz Andrade, C. A., & Hernández, J. C. (2011). *Smart Grid - Universidad Icesi*. Obtenido de https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/sistemas_telematica/article/viewFile/1075/1096
- Hart, D. G. (2008). *Using AMI to Realize the Smart Grid*. Obtenido de http://ewh.ieee.org/cmte/pes/etcc/D_Hart_AMI_for_Smart_Grids.pdf
- Millán Tejedor, R. J. (2008). GPON (Gigabit Passive Optical Networ). *BIT*, 67.
- Peña, D. (2002). *Análisis de datos Multivariantes*.
- Peralta, A. (2010). BPL (Broadband Power Line): una alternativa para brindar el servicio de internet alta velocidad. *INGENIUS*, 25.
- Roberto Hernández Sampieri, C. F. (2010). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN* (Vol. 5ta edición). Mexico: MCGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Rodine, C. (2010). *Wireless Field Area Network Spectrum Assessment*. Palo Alto, California: EPRI.

- Sonoma Innovation. (2009a - 2009b). *Smart Grid communications architectural framework Smart Grid interoperability standards Ip protocol & wireless/AMI*. Obtenido de <http://www-users.cselabs.umn.edu/classes/Fall-2009/seng5861/project/a1ueNt4L.pdf>
- Trilliant. (2015). *The Global Standard for RF Mesh AMI*. Obtenido de <http://trilliantinc.com/platform/communications/ami-mesh-securemesh-nan>
- Wireless, E., & Leon, G. (May de 2011). *Smart Planning for Smart Grid AMI Mesh Networks*. Obtenido de <http://edx.com/wp-content/uploads/2014/10/Smart-Planning-for-Smart-Grid-AMI-Mesh-Networks.pdf>