

**DISEÑO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DE UN SISTEMA DE MEDIDA
CONCENTRADA PARA UNA INFRAESTRUCTURA AVANZADA DE MEDICIÓN
EN EL MARCO DEL PROYECTO VRI 4249**



CARLOS ALBERTO VELASCO RAMOS

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA
POPAYAN
2018

**DISEÑO ELÉCTRICO Y MECÁNICO DE UN SISTEMA DE MEDIDA
CONCENTRADA PARA UNA INFRAESTRUCTURA AVANZADA DE MEDICIÓN
EN EL MARCO DEL PROYECTO VRI 4249**

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Físico

CARLOS ALBERTO VELASCO RAMOS

Director

Msc JUAN FERNANDO FLOREZ MARULANDA

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN
PROGRAMA DE INGENIERÍA FÍSICA
POPAYAN
2018

Nota de aceptación

Director _____

Msc JUAN FERNANDO FLOREZ MARULANDA

Jurado _____

Phd. WILLFRAND PEREZ URBANO

Jurado _____

Mg. EDUARDO ANDRES CAÑOLA S.

Lugar y fecha de sustentación: Popayán, 14 de Junio de 2018

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios por permitirme culminar con éxito el presente trabajo de grado y con ello lograr alcanzar el título de Ingeniero Físico, mis más sinceros agradecimientos a mi director el profesor JUAN FERNANDO FLOREZ MARULANDA por su disposición para las asesorías, sus correcciones objetivas y también por los llamados de atención cuando las cosas parecían perder el rumbo, gracias a los compañeros del laboratorio e integrantes del proyecto VRI 4249 en especial a los ingenieros físicos Cristian Bazan y Eduardo Castillo por sus aportes en las discusiones sabatinas, a mis jurados los profesores Wilfrand Perez y Eduardo Cañola por las correcciones y sugerencias al escrito final, todos sin lugar a dudas contribuyeron a la materialización de este trabajo de grado.

Cuando tome la decisión de abandonar mi trabajo como instrumentista industrial y emprender el camino de estudiar ingeniería física no imagine que para lograrlo pasaría tanto tiempo, en este camino enfrente mis propias falencias que logre superar, también conocí grandes amigos y compañeros: Cristian Narváez, Pablo Prado, Carlos Cubides, Ana María, Miguel Aristizabal, Jhon Ospitia en los primeros semestres y en los semestres finales a mi gran amigo HARRISON JAVIER MORENO, Licet Ceron, Miguel Delgado, Dimas Hoyos, Evelio Caldon, Yefer Maca con los cuales compartí no solo los temas académicos sino también otros aspectos de la vida. A mis profesores Luis Fernando, German Baca, Jorge Rodríguez, Claudia Villaquiran, Rubiel Vargas, Sonia Gaona, Luz Helena Bolivar, Servio Perez, Luis Ernesto López mil gracias por sus orientaciones y compartir sus experiencias.

Gracias a mi padre Luis Adriano Velasco y mi madre Ana Lucia Ramos por su apoyo incondicional, por sus enseñanzas y por toda la dedicación y amor, a mi hermana Paula Andrea por ser nuestro apoyo en los momentos donde todo parecía más difícil, a mis queridos hermanos Julio Cesar y Luis Alfonzo (Fonsi estés a donde estés solo espero que tengas tranquilidad) todo mi amor y respeto. A mi prima la Ingeniera MARIA ALEXANDRA MARTINEZ sin tu ayuda nada de esto sería posible mil gracias por estar ahí cuando todo parecía derrumbarse.

Finalmente mi gratitud a toda la familia COOBRA y JJ INGENIERIA, a ZORAIDA CUELLAR y JHON JAIRO LEDEZMA por su amistad y apoyo incondicional, por permitirme aprender y trabajar en el campo de la electrotecnia y poder conocer todo el departamento del Cauca.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pag |
|--|-----|
| CAPITULO 1 | |
| <i>MARCO TEORICO</i> | 14 |
| 1.1 Introducción..... | 14 |
| 1.2 Sistema de generación y pérdidas de energía eléctrica..... | 15 |
| 1.2.1 Sistema de generación..... | 15 |
| 1.2.2 Perdidas de energía eléctrica..... | 16 |
| 1.3 Sistema tradicional de medición y facturación..... | 18 |
| 1.4 Sistema de Infraestructura de Medición Avanzada..... | 19 |
| 1.4.1 Normatividad relacionada a sistemas AMI..... | 20 |
| 1.4.2 Arquitectura AMI..... | 21 |
| 1.4.3 Descripción de los elementos de la arquitectura AMI..... | 22 |
| CAPITULO 2 | |
| <i>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES, ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS DE ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA</i> | 26 |
| 2.1 Sistemas de medida centralizada..... | 26 |
| 2.1.1 Componentes de un sistema de medida centralizada..... | 27 |
| 2.1.2 Acometidas, protección y maniobras de acometidas..... | 28 |
| 2.2 Requisitos eléctricos y mecánicos para un armario de medida concentrada..... | 30 |
| 2.3 Requisitos eléctricos para un armario de medida concentrada..... | 31 |
| 2.4 Requisitos mecánicos para un armario de medida concentrada..... | 35 |
| 2.4.1 Condiciones generales..... | 36 |
| 2.4.2 Requisitos..... | 40 |
| 2.4.3 Toma de muestras y ensayos..... | 41 |
| 2.5 Requisitos técnicos generales de armarios de medida concentrada..... | 42 |
| 2.6 Requisitos para armarios de medida concentrada de acuerdo al operador de red..... | 43 |
| 2.6.1 instalación exterior red aérea..... | 44 |
| 2.6.2 Edificaciones multifamiliares o multicomerciales..... | 44 |
| CAPITULO 3 | |
| <i>DISEÑOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS DEL SISTEMA DE MEDIDA CONCENTRADA PROYECTO VRI 4249</i> | 55 |

| | | |
|--|--|---------------|
| 3.1 | Diseño general del sistema AMI de medida concentrada del proyecto VRI 4249..... | 55 |
| 3.2 | Diseño eléctrico y mecánico de componentes armario de medida concentrada del proyecto VRI 4249..... | 58 |
| 3.3 | Diseño de componentes eléctricos armario medida concentrada..... | 59 |
| 3.3.1 | Diseño eléctrico unidad de medida..... | 59 |
| 3.3.2 | Diseño eléctrico elementos conductores, protecciones y cableado..... | 60 |
| 3.4 | Diseño de componentes eléctricos armario medida concentrada..... | 65 |
| 3.4.1 | Elementos de sujeción y soportes internos | 66 |
| 3.4.2 | Elementos de sujeción externos..... | 69 |
| 3.4.3 | Cuerpo del armario..... | 70 |
| 3.5 | Listas de chequeo de requisitos bajo la normatividad actual..... | 71 |
| CAPITULO 4 | | |
| | <i>REPRESENTACIÓN 3D DEL SISTEMA DE MEDIDA CONCENTRADA.....</i> | <i>76</i> |
| 4.1 | Descripción del piloto AMI-SAA..... | 76 |
| 4.2 | Descripción del barrio caso estudio..... | 77 |
| 4.3 | Topología de la red de distribución eléctrica..... | 78 |
| 4.4 | Sistema de medición barrio portal de las ferias..... | 80 |
| 4.5 | Validación de los requisitos eléctricos, mecánicos, técnicos generales y del operador de red del sistema AMI-SAA | 80 |
| 4.6 | Representación 3D..... | 85 |
| <i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i> | | |
| <i>BIBLIOGRAFIA.....</i> | | <i>92</i> |
| <i>ANEXOS.....</i> | | <i>94</i> |

INDICE DE TABLAS

| | |
|--|-----|
| TABLA 1. NORMAS APLICABLES A SISTEMAS AMI | 21 |
| TABLA 2. NORMAS PARA MEDIDA CONCENTRADA | 24 |
| TABLA 3. REFERENCIAS NORMATIVAS PARA REQUISITOS ELÉCTRICOS DE LA UNIDAD DE MEDIDA | 31 |
| TABLA 4. PRUEBAS DE ENSAYO Y TOMA DE MUESTRAS EN ARMARIOS PARA INSTALACIÓN DE MEDIDORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA. | 42 |
| TABLA 5. RESUMEN REQUISITOS ELÉCTRICOS ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA DE ACUERDO A LA NTC 3444. | 51 |
| TABLA 6. RESUMEN REQUISITOS MECÁNICOS ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA DE ACUERDO A LA NTC 3444. | 52 |
| TABLA 7. RESUMEN REQUISITOS TÉCNICOS GENERALES ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA DE ACUERDO A LA NTC 6079. | 53 |
| TABLA 8. RESUMEN REQUISITOS ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA DE ACUERDO AL OPERADOR DE RED. | 54 |
| TABLA 9. LISTA DE CHEQUEO REQUISITOS ELÉCTRICOS SISTEMA AMI-SAA..... | 72 |
| TABLA 10. LISTA DE CHEQUEO REQUISITOS MECÁNICOS SISTEMA AMI-SAA..... | 73 |
| TABLA 11. LISTA DE CHEQUEO REQUISITOS TÉCNICOS GENERALES SISTEMA AMI-SAA..... | 74 |
| TABLA 12. LISTA DE CHEQUEO REQUISITOS DE ACUERDO AL OPERADOR DE RED SISTEMA AMI-SAA | 75 |
| TABLA 14. VALIDACION REQUISITOS MECANICOS SISTEMA AMI-SAA..... | 759 |
| TABLA 15. VALIDACION REQUISITOS TECNICOS GENERALES SISTEMA AMI-SAA | 80 |
| TABLA 16. VALIDACION REQUISITOS DE ACUERDO AL OPERADOR DE RED SISTEMA AMI-SAA | 81 |
| TABLA 17. RESUMEN VALIDACION REQUISITOS SISTEMA AMI-SAA..... | 75 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| FIGURA 1. PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA | 16 |
| FIGURA 2. PÉRDIDAS ANUALES DE ELECTRICIDAD ALC | 17 |
| FIGURA 3. MEDIDORES DE ENERGÍA Y DIAGRAMA DE CONEXIÓN (MONOFÁSICO) | 18 |
| FIGURA 4. ARQUITECTURA DEL SISTEMA AMI. | 22 |
| FIGURA 5. SISTEMA DE MEDIDA CONCENTRADA A NIVEL DE PISO | 23 |
| FIGURA 6. ESQUEMA DEL SISTEMA DE MEDIDA CENTRALIZADA | 27 |
| FIGURA 7. ACOMETIDA ELÉCTRICA | 29 |
| FIGURA 8. FIJACION DE LAS DERIVACIONES DEL BARRAJE | 33 |
| FIGURA 9. RÉGIMEN DE CONEXIÓN A TIERRA..... | 34 |
| FIGURA 10. PORTASELLOS | 39 |
| FIGURA 11. DIMENSIONES MÁXIMAS DE ESPACIO PARA MEDIDORES EN ARMARIO..... | 48 |
| FIGURA 12. ARMARIO PARA MEDICIÓN CENTRALIZADA..... | 49 |
| FIGURA 13. COMPONENTES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA Y DE BALANCES DE ENERGÍA PARA TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCIÓN, NIVEL PLC_MMS – MDC. | 56 |
| FIGURA 14. COMPONENTES DEL SISTEMA DE MEDICIÓN REMOTA Y DE BALANCES DE ENERGÍA PARA UN TRANSFORMADOR DE DISTRIBUCIÓN NIVEL PLC_TU – PLC_MMS..... | 57 |
| FIGURA 15. UNIDAD DE MEDIDA ARMARIO MC SISTEMA AMI-SAA. | 60 |
| FIGURA 16. TOTALIZADOR ARMARIO MC SISTEMA AMI-SAA..... | 61 |
| FIGURA 17. BARRAJE ARMARIO MC SISTEMA AMI-SAA..... | 62 |
| FIGURA 18. AISLADOR DE SOPORTE DE BARRAJE ARMARIO MC SISTEMA AMI- SAA. | 63 |

| | |
|---|----|
| FIGURA 19. CONECTOR DE BARRAJE SISTEMA AMI-SAA..... | 64 |
| FIGURA 20. CONDUCTOR FLEXIBLE Y TERMINAL CONEXIÓN ARMARIO MC SISTEMA AMI-SAA. | 65 |
| FIGURA 21. ELEMENTOS DE SUJECIÓN SISTEMA AMI-SAA..... | 67 |
| FIGURA 22. ELEMENTOS DE SOPORTE MEDIDORES SISTEMA AMI-SAA. | 68 |
| FIGURA 23. ABRAZADERA TIPO POSTE SISTEMA AMI-SAA. | 69 |
| FIGURA 24. MONTAJE ARMARIO MEDIDA CONCENTRADA SISTEMA AMI-SAA. | 70 |
| FIGURA 25. ARMARIO MEDIDA CONCENTRADA SISTEMA AMI-SAA..... | 71 |
| FIGURA 26. DIAGRAMA DE CONEXIÓN ELÉCTRICA ARMARIO SISTEMA AMI-SAA. | 76 |
| FIGURA 27. UBICACIÓN BARRIO PORTAL DE LAS FERIAS II ETAPA | 77 |
| FIGURA 28. VIVIENDAS BARRIO PORTAL DE LAS FERIAS II ETAPA..... | 78 |
| FIGURA 29. CABLE CUÁDRUPLEX EN ALUMINIO..... | 78 |
| FIGURA 30. DISTRIBUCIÓN DE RED DE BAJA TENSIÓN BARRIO PORTAL DE LAS FERIAS II ETAPA. | 79 |
| FIGURA 31. VISTA 3D EN PLANTA VIVIENDAS PORTAL DE LAS FERIAS..... | 86 |
| FIGURA 32. VISTA 3D MONTAJE DE ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA BARRIO PORTAL DE LAS FERIAS II ETAPA. | 87 |
| FIGURA 33. VISTA 3D MONTAJE DE ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA BARRIO PORTAL DE LAS FERIAS II ETAPA. | 88 |
| FIGURA 34. VISTA 3D MONTAJE DE ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA BARRIO PORTAL DE LAS FERIAS II ETAPA. | 89 |

ANEXOS

| | |
|--|----|
| ANEXO 1. CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN UNIDAD DE MEDIDA | 94 |
|--|----|

Glosario

Acometida. Derivación de la red local del servicio respectivo, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general[1].

Acometida aérea. Los conductores aéreos de acometida que van desde el último poste o soporte aéreo, incluidos los conectores de derivación, si los hay, hasta los conductores de entrada de acometida de la edificación u otra estructura [2].

Acometida subterránea. Conductores subterráneos de la acometida desde la red de la calle, incluidos los tramos desde un poste o cualquier otra estructura o desde los transformadores, hasta el primer punto de conexión con los conductores de entrada de la acometida en el tablero general, tablero de medidores o cualquier otro tablero con espacio adecuado, dentro o fuera del muro de una edificación[2].

Armario para medidores. Caja diseñada para instalarse de forma empotrada, sobrepuesta o autosoportada, provista de un marco, del cual se sostienen las puertas, donde se alojan elementos tales como equipos de corte, medición y barrajes entre otros[3]. Estructura que se destina para la instalación de medidores de energía eléctrica y sus respectivos equipos de protección y corte. El armario debe contener entre 5 y 24 medidores, incluyendo las reservas.

Barraje. Barra de cobre o conductor de sección equivalente, al cual pueden conectarse separadamente varios circuitos eléctricos.

Concentrador. Elemento intermedio entre la unidad de medida y el sistema de gestión y operación, el cual opera como un puerto de enlace (gateway) o como puerto de enlace y almacenamiento.

Infraestructura de Medición Avanzada (AMI). Un sistema AMI es una solución integral que tiene la capacidad de gestionar el intercambio de información y datos entre el sistema de gestión y las unidades de medida. El sistema AMI incluye una amplia gama de aplicaciones que permite gestionar la demanda, optimizar la red de distribución, garantizar la integridad del sistema y proveer servicios de valor agregado [4].

Lectura Automática de Medidores AMR -. Sistema unidireccional que permite recopilar y analizar automáticamente datos de dispositivos como medidores de gas, electricidad o agua y comunicar esos datos por medio de una red de comunicaciones a su sistema de gestión y operación [4].

Medida concentrada. Sistema de medición conformado por un conjunto de medidores o unidades de medida individuales (monocuerpos o bicuerpos) agrupados o concentrados en cajas o armarios [4].

Medidor Inteligente. Es un medidor de energía, agua o gas que ofrecen interfaces de comunicaciones para enviar y/o recibir datos e información hacia o desde un sistema de gestión administrado por la empresa de servicios además puede contar con mecanismos para la conexión y desconexión del servicio prestado [4].

MIU. Unidad de interfaz del medidor [5].

Operador de red (OR). Empresa de Servicios Públicos encargada de la planeación, de la expansión y de las inversiones, operación y mantenimiento de todo o parte de un Sistema de Transmisión Regional o un Sistema de Distribución Local [1].

Ratio. Relación cuantitativa entre dos fenómenos que refleja una situación concreta de rentabilidad, de nivel de inversiones, etc [6].

Sistema de medida Centralizada. Sistema de medición de energía eléctrica agrupada en cajas, armarios o instalación individual, integrado por unidades de medida, y elementos que permitan el intercambio y la concentración de datos, así como la realización tanto de forma remota como local de operaciones de toma de lecturas, procesos de conexión y/o desconexión cuando se cuente con esta funcionalidad, entre otros [4].

Totalizador. Interruptor termo magnético, con posibilidad de realizar ajuste de corriente y tiempo, de corte general. Se encarga de proteger la instalación del cable alimentador y el barraje del tablero. Su capacidad nominal de carga se establece en amperios. Se caracteriza por tener una capacidad de corto circuito superior que los interruptores termo magnético aguas abajo[3].

RESUMEN

En el proceso de suministro de energía eléctrica existen pérdidas que se dividen en pérdidas técnicas y no técnicas, las pérdidas no técnicas están asociadas a energía que se deja de facturar debido a que es tomada del sistema de forma ilegal, ya que esta no se registra en el proceso de facturación a usuarios finales genera pérdidas financieras para los operadores de red y las pérdidas técnicas se presentan principalmente en el transporte de la energía.

Estas pérdidas pueden determinarse mediante balances de energía en todos los niveles de un sistema de distribución y comercialización de energía, a nivel de los transformadores de distribución la principal dificultad para desarrollo de estos balances de energía proviene de las asociaciones incorrectas entre transformadores y usuarios. En los operadores de red del país en general presentan un problema de asociación usuario-transformador, es decir no se conoce cual transformador es el que suministra energía a determinado usuario, lo que impide un adecuado desarrollo de los balances de energía. Conscientes del problema y del vacío tecnológico el Grupo de Automática Industrial de la Universidad del Cauca y la Compañía Energética de Occidente realizaron en 2013-2014 un proyecto conjunto de I+D denominado *Sistema de Amarre Automático* el cual desarrollo tecnología que garantiza una constante actualización de las asociaciones entre usuarios y transformadores, lo que potencia una correcta realización de balances de energía en transformadores de distribución.

El proyecto VRI 4249 busca complementar el sistema de asociación usuario-transformador descrito anteriormente con miras a lograr un prototipo de infraestructura de medición capaz de efectuar, además de la asociación usuario-transformador, balances de energía de manera automática en un nuevo sistema que se denomina AMI-SAA. El diagrama de bloques del sistema AMI-SAA propuesto para un único transformador especifica la concentración de medidores de usuarios mediante una unidad nodo cliente de medida concentrada.

El proyecto VRI 4249 requiere de una unidad de medida concentrada componente propio de un sistema de medida centralizada el cual aloje los medidores de consumo de energía eléctrica asociados al transformador de distribución, por lo que resulta necesario diseñar un armario de medida concentrada el cual cumpla con los requisitos eléctricos y mecánicos de acuerdo a la normatividad vigente en Colombia.

En el presente trabajo se plantean los diseños eléctricos y mecánicos de un sistema de medida concentrada para una Infraestructura Avanzada de Medición (AMI), en el marco del proyecto financiado por Colciencias “Diseño e Implementación de un Sistema de Infraestructura Avanzada de Medición Soportado en Tecnología de Identificación de Balances Energéticos en Transformadores de Distribución”, con código VRI 4249, de tal manera que el sistema AMI este acorde con la tecnología de balances energéticos que requiere el desarrollo de este proyecto; Cumpliendo la norma NTC 2050, el reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE y la norma NTC 6079, proponiendo la realización de una representación 3D del sistema de medida concentrada de una estructura AMI en una topología de una red de distribución residencial en la ciudad de Popayán.

Para el desarrollo del proyecto se hará énfasis en los requisitos técnicos, eléctricos y mecánicos del concentrador de medidores o armario de medida concentrada que pertenece a un sistema de medida centralizada, bajo la normatividad vigente en Colombia (normas NTC 6079, NTC 2050, NTC 3444 y RETIE).

Si bien uno de los objetivos del presente trabajo es establecer las especificaciones eléctricas y mecánicas para armarios de medida concentrada y con ello dar a entender los procedimientos, normas y exigencias a ser aplicadas en la implementación de armarios de medida concentrada, la literatura y normatividad abordada en el desarrollo del trabajo de investigación establece que estos se reflejan en forma de requisitos y especificaciones técnicas generales, eléctricas y mecánicas que se deben cumplir.

La norma NTC 6079 establece en Colombia los requisitos mínimos para sistemas de infraestructura de medición avanzada en redes de distribución, si bien es una norma que incorpora aspectos acordes al avance tecnológico en términos del software, de la protección de la información, de los sistemas de comunicación, presenta falencias en cuanto a los componentes físicos, como un caso particular no se tiene en cuenta los requisitos y especificaciones para el montaje de armarios de medidores en postes de distribución.

Como resultado del desarrollo del trabajo de investigación se obtuvo la propuesta de diseño eléctrico y mecánico para una unidad de medida concentrada en el marco del proyecto 4249 de acuerdo a la normatividad vigente en Colombia, debido a que la normatividad actual presenta vacíos en cuanto al montaje de estos armarios en postes de distribución, se proponen requisitos en cuanto a las dimensiones del armario de medida concentrada de acuerdo al tipo de montaje. Finalmente mediante una lista de chequeo se evalúa el grado de cumplimiento de los requisitos del sistema de medida concentrada propuesto.

Capítulo 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Introducción

La era de la tecnología ha llevado al mundo a innovar en nuevas formas de transformar el uso de la energía de manera eficiente y sostenible para las personas. El desarrollo de instrumentos de medición como medidores inteligentes que permiten una apropiada cuantificación del consumo de energía y que además esta información pueda ser transmitida y verificada en tiempo real, para realizar acciones como conexión y reconexión de servicio, consumo en tiempo real, control de consumo por parte de usuarios, son algunas de las ventajas que ofrece el uso de medidores inteligentes.

El interés que ha despertado a nivel internacional la utilización de medidores inteligentes, ha ido en constante crecimiento durante los últimos años. Muestra de ello es la gran cantidad de experiencias que se han venido desarrollando durante la última década en varios países de la Unión Europea, EUA, etc., tanto a nivel experimental como a gran escala [7]. Un caso emblemático es el de ENEL en Italia, que a través de su proyecto “Telegestore” (con una inversión de más de 2 millones de Euros), ha instalado en los últimos años alrededor de 30 millones de medidores inteligentes en usuarios residenciales [8]. En España se desarrolla el proyecto Price-corredor del Henares liderado por Iberdrola Distribución y Unión Fenosa Distribución con el objetivo de dar respuesta a los retos tecnológicos que presentan a nivel mundial los sistemas eléctricos [9].

En América en países como Estados Unidos, Baltimore and gas Electric Company y Austin energy llevan a cabo proyectos relacionados con redes y medidores inteligentes, en la región andina países como Brasil y Chile lideran el desarrollo e implementación de tecnologías encaminadas a redes inteligentes [9].

En el país se han dado iniciativas para el desarrollo e implementación de estas tecnologías es el caso de empresas públicas de Medellín EPM llevan a cabo la medición de energía por medio de medidores prepago, mediante un programa piloto en el cual se instaló el primer lote de 100 medidores de energía prepago. Estos medidores están diseñados con tecnología nacional, el funcionamiento electrónico fue realizado por la empresa Excelec, el objetivo del proyecto es evaluar el desempeño frente a medidores importados. En el municipio de Sabaneta Antioquia un proyecto piloto de tecnologías de monitoreo y comunicaciones para la gestión del alumbrado público, es llevado a cabo por la empresa Telemetrik. Con este proyecto se busca conocer el consumo en tiempo real, administración remota en tiempo real, además de diagnosticar variables por medio de sistemas de comunicación [10].

En el centro histórico de Popayán, la Compañía Energética de Occidente –CEO instalará equipos de medida inteligentes sustituyendo de esta manera los equipos de medida convencional. El proyecto inició el primero de agosto de 2012, con un costo de aproximadamente un millón y medio de dólares.

Compañía energética de occidente CEO y la Universidad del Cauca tiene un convenio financiado por Colciencias donde buscan desarrollar un sistema de infraestructura de medición avanzada. En el presente proyecto se plantean los diseños eléctricos y mecánicos de un sistema de medida concentrada para una Infraestructura Avanzada de Medición (AMI), en el marco del proyecto financiado por Colciencias “Diseño e

Implementación de un Sistema de Infraestructura Avanzada de Medición Soportado en Tecnología de Identificación de Balances Energéticos en Transformadores de Distribución” del grupo de investigación Automática Industrial de la Universidad del Cauca.

1.2 Sistema de generación y pérdidas de energía eléctrica

1.2.1 Sistema de generación

El mundo tiene una fuerte dependencia de la energía eléctrica. No es imaginable lo que sucedería si esta materia prima esencial para mover el desarrollo de los países llegase a faltar. Está fuera de cualquier discusión la enorme importancia que el suministro de electricidad tiene para el hombre hoy, que hace confortable la vida cotidiana en los hogares, que mueve efectivamente el comercio y que hace posible el funcionamiento de la industria de la producción. El desarrollo de un país depende de su grado de industrialización y este a su vez necesita de las fuentes de energía, especialmente de la energía eléctrica. Un sistema eléctrico de potencia tiene como finalidad la producción de energía eléctrica en los centros de generación (centrales térmicas e hidráulicas) y transportarla hasta los centros de consumo (ciudades, poblados, centros industriales, turísticos, etc). Para ello, es necesario disponer de la capacidad de generación suficiente y entregarla con eficiencia y de una manera segura al consumidor final [11].

Para disponer de este tipo de energía de manera instantánea cuando se requiere (por ejemplo al oprimir un interruptor para encender un bombillo) es necesario efectuar una serie de procesos:

1. Producir la energía eléctrica (Generación).
2. Transportar la energía eléctrica (Transmisión y Distribución).
3. Comprar y vender la energía eléctrica (Comercialización).

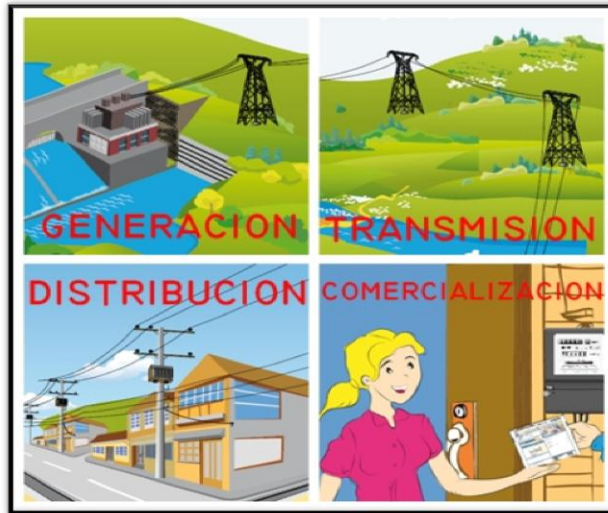
Generación: Este proceso consiste en producir energía eléctrica a partir de sol, agua, aire o combustibles, mediante un proceso de transformación que se realiza en unos sitios denominados centrales hidráulicas, eólicas o térmicas, de acuerdo con el recurso que se utilice para la generación de energía [12].

Transporte (transmisión y distribución): La Transmisión consiste en transportar la energía eléctrica desde las centrales de generación hasta los grandes centros de consumo (entrada a las regiones, ciudades o entrega a grandes consumidores), a través de cables que son sostenidos por torres altas, con características especiales, que permiten llevar grandes cantidades de energía en largas distancias por todo el país. Generalmente se denomina Sistema de Transmisión nacional (STN). La Distribución, por su parte, es el transporte de la energía desde la entrada a los grandes centros de consumo hasta el punto de entrega en las instalaciones del consumidor final. Se hace, al igual que en el STN, con cables sostenidos por estructuras pero de menor tamaño y con características distintas; y en algunas ciudades mediante redes subterráneas, para llevar energía en menores cantidades a través de sectores de una misma región y distribuirla en pequeñas cantidades para el consumo de cada usuario [12].

Comercialización: La comercialización es el proceso de comprar grandes cantidades de energía a los productores para venderla a los usuarios o a otras empresas del sector.

Implica actividades como lectura de medidores, facturación del servicio y en general todas las relacionadas con la atención a los ciudadanos [12].

Un sistema eléctrico de potencia incluye las etapas de generación, transmisión, distribución y utilización de la energía eléctrica, y su función primordial es la de llevar esta energía desde los centros de generación hasta los centros de consumo y por último entregarla al usuario en forma segura y con los niveles de calidad exigidos. Ver figura 1.



. Figura 1. Proceso de distribución de energía eléctrica [10].

1.2.2 Pérdidas de energía eléctrica

El concepto de pérdidas se refiere a la energía eléctrica que se produce y transporta pero que las empresas prestadoras del servicio no facturan porque se pierde a lo largo del proceso de prestación del servicio o porque algunos usuarios la toman de la red de forma ilegal. Las pérdidas se clasifican en técnicas y no técnicas[11].

Pérdidas técnicas: Las pérdidas técnicas se presentan principalmente por el calentamiento que se produce al pasar la energía eléctrica a través de las líneas de transporte y de transformadores tales como: el efecto joule, efecto corona, inductancia y radiación electromagnética. Estas pérdidas se calculan con fórmulas matemáticas para cada uno de los circuitos y dado que son inherentes a la prestación del servicio, se reconocen en su totalidad como un componente del costo del servicio.[11][12].

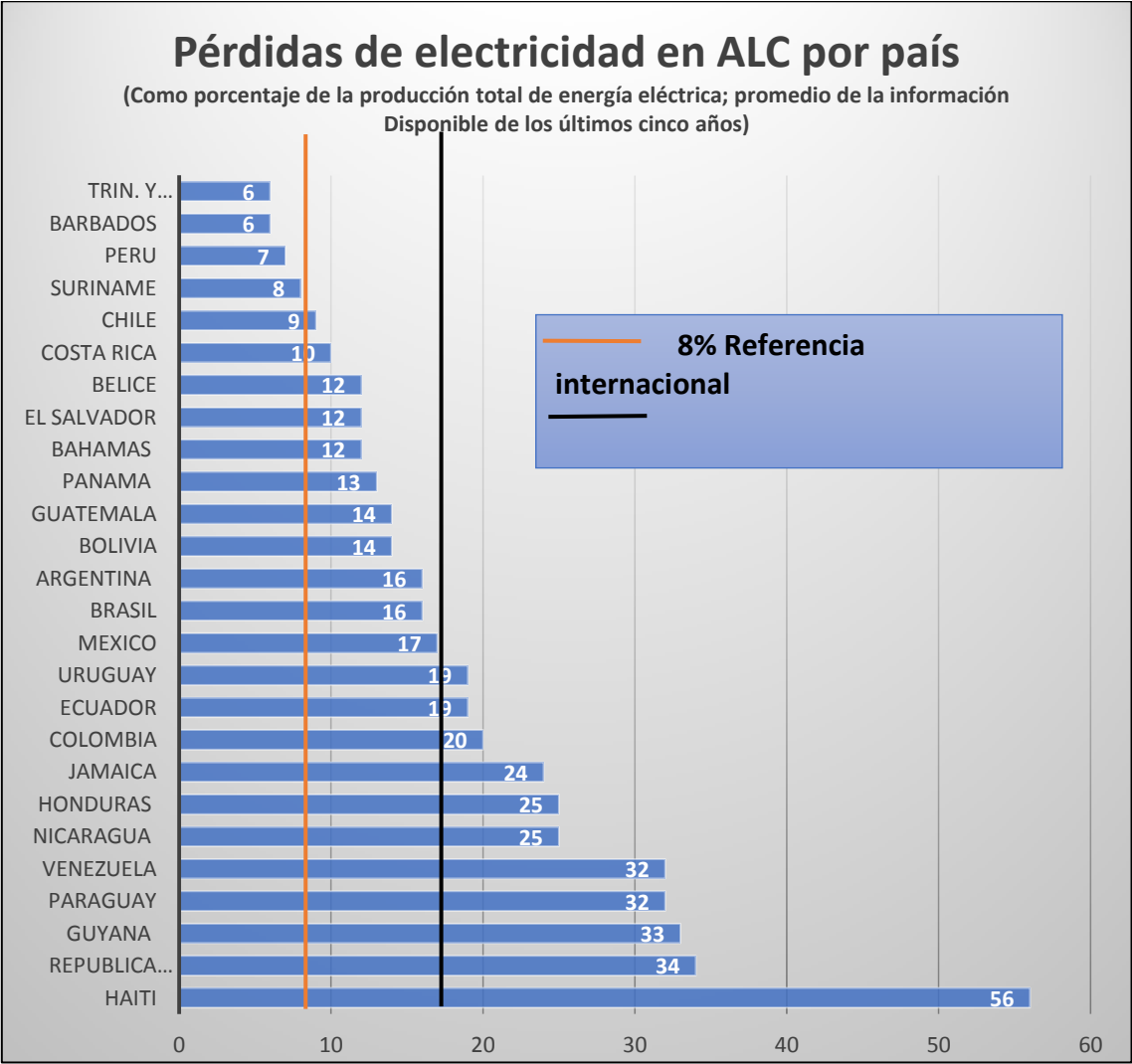
Pérdidas no técnicas: Las pérdidas no técnicas representan la energía que se toma de manera ilegal del sistema y utilizan algunos usuarios sin que se registre por medidores de energía, debido principalmente a hurtos, manipulación indebida de equipos o de sistemas de facturación para disminuir registros de consumo, entre otros. Son pérdidas del sistema ya que, en este caso, no se registra la energía para efectos de facturación a usuarios finales lo que representan pérdidas financieras para los operadores de red.[11][13].

De acuerdo al Banco Interamericano de Desarrollo (BID) América Latina y el Caribe tienen uno de los ratios más altos de pérdidas eléctricas en el mundo 290 TWh, equivalente al total de electricidad consumida por México y Perú en 2013, situación que se ha agravado

durante las últimas tres décadas [6]. En los países de ALC el promedio de pérdidas anuales en porcentaje con respecto a la energía producida equivale al 17% y la referencia internacional es de 7% siendo Haití el país con más porcentaje de pérdidas (no incluido para el promedio ALC) y Trinidad y Tobago con el menor. Ver figura 2 [6].

Para el caso particular de Colombia las pérdidas totales del sistema energético son del 11.5% de la energía que entra anualmente al sistema y las pérdidas no técnica equivalen a 4.5 %. Estas pérdidas no técnicas corresponden a errores de medición, fraude y desvío de energía que durante el año 2014 fueron valoradas en 1,02 billones de pesos[14].

Reducir los niveles de pérdidas eléctricas puede contribuir a alcanzar el objetivo de un acceso universal a fuentes modernas de energía, y se traduciría en ingresos adicionales para las empresas eléctricas con las consiguientes mejoras en la recuperación de costos, en su sostenibilidad financiera y en una reducción en las tarifas eléctricas para el consumidor final.



. Figura 2. Pérdidas anuales de electricidad ALC [6].

1.3 Sistema tradicional de medición y facturación

En toda instalación eléctrica existe un consumo de energía; esto se traduce en costos, por lo que resulta necesario conocerlo y evaluarlo. Son las empresas suministradoras de energía las más interesadas en estas medidas, aunque en algunos casos es conveniente saber el consumo de alguna parte de la instalación de manera aislada [15].

El proceso de medición del consumo de energía eléctrica se realiza mediante un medidor electromecánico o electrónico instalado en la red que alimenta el predio del usuario final. Los medidores electrónicos y electromecánicos son los usados en la actualidad. Ver figura 3.



Figura 3. Medidores de energía y diagrama de conexión (monofásico) [16].

La interfaz con el usuario final se lleva a cabo mediante el medidor electromecánico o electrónico, con una escasa o nula comunicación, el proceso de lectura debe ser tomado por empleados del operador de red, tomando la lectura de medidor en medidor, En el sector residencial, estos medidores solo registran la energía total consumida durante un período determinado, posteriormente llevar esta información a las oficinas para realizar la contabilización y su respectiva facturación, todo esto es un proceso lento que requiere esfuerzo y más gastos para la empresa en personal humano [17]. El uso de medidores que no permiten establecer un flujo de comunicación inhibe toda posibilidad de hacer un balance permanente del consumo energético a fin de detectar pérdidas excesivas y el robo de energía, y obstaculiza cualquier medida dinámica orientada a gestionar la demanda [18].

Si bien las facturas de los operadores de red incluyen gráficos que describen la tendencia del consumo mensual durante el último año y brindan consejos para ahorrar energía, la falta de interactividad de los medidores no permite que los usuarios dispongan de datos sobre la curva de la carga, los picos de carga, las horas de mayor consumo y los artefactos y electrodomésticos más críticos. Por lo tanto, los usuarios no pueden tomar ninguna medida para flexibilizar su consumo eléctrico conforme a la disponibilidad energética de la red [18].

La medición es un proceso clave de los sistemas de energía eléctrica que permite, a los OR, cuantificar la cantidad de energía que se genera, transmite, distribuye y se factura. El

proceso tradicional de medición es periódico y genera valores acumulados (mensuales o bimestrales) que únicamente muestran la cantidad de energía consumida, pero que no proporcionan información de la forma de uso de la misma, ni de los niveles de carga en tiempo real de los consumidores, particularmente de los que consumen energía en baja tensión, ni permite tener el control de los consumos ni acciones de reacción inmediata en presencia de eventos que perturban la operación de la red. Ni las empresas que comercializan la energía, ni los usuarios que la consumen, tienen información suficiente, ni datos sobre los flujos de energía en los nodos de la red de distribución, ni en las cargas de los consumidores, lo que se traduce en falta de herramientas eficaces para hacer frente a desafíos que presenta el control eficiente de la red de distribución en condiciones de operación normal o en presencia de perturbaciones. Los OR tampoco cuentan con herramientas para cuantificar eficientemente las pérdidas de origen técnico y no técnico [13].

Todo esto conduce a la necesidad de plantear mecanismos de automatización para la medición del consumo y distribución de energía eléctrica que conlleven a tener una adecuada cuantificación.

1.4 Sistema de infraestructura de medición avanzada

La visualización (monitoreo), el control y la automatización se consiguen con un sistema de comunicación bidireccional, por lo cual las empresas de suministro alrededor del mundo están incursionando masivamente en la implementación de la infraestructura de medición avanzada-Advanced Metering Infrastructure AMI-, en reemplazo de los actuales sistemas de medición de sus clientes [19].

La medición avanzada refiere e involucra a las tecnologías hardware-software y sistemas de comunicaciones, necesarios para registrar el consumo de los clientes en tiempos de al menos cada hora y permitir la recuperación de la información de los datos de consumo de manera diaria o en periodos más frecuentes por las empresas prestadoras del servicio. Existen un sin número de ventajas de contar con una Infraestructura de Medición Avanzada, por lo que un buen diseño e implementación podrán asegurar los cambios del modelo de negocio, necesarios para que las empresas, sus clientes y la sociedad en su conjunto puedan aprovechar al máximo las capacidades de esta nueva tecnología [20]. Uno de los elementos clave de estos sistemas es el medidor inteligente, que tiene integradas capacidades avanzadas de medición, registro de datos, análisis de uso de los servicios y comunicación bidireccional, para transferir remotamente la información a sistemas de procesamiento de datos, para fines de monitoreo remoto y facturación. Otro elemento importante de los sistemas AMI son los concentradores o colectores de datos que realizan la recolección de datos de los medidores inteligentes, para transferirlos a través de redes domésticas (HAN), redes de medidores (NAN), redes de campo (FAN) y redes de área amplia (WAN), utilizando distintas tecnologías de comunicaciones (espectro disperso, radiofrecuencia, microondas, WiMax, Ethernet, Wi-Fi, ZigBee, celular, líneas eléctricas de potencia, fibras ópticas, etc.), hasta alcanzar los sistemas de explotación y gestión de datos (MDM) en las oficinas de la empresa suministradora del servicio eléctrico de distribución, en donde se procesa la información para propósitos de facturación y el monitoreo de la calidad del servicio [13].

1.4.1 Normatividad relacionada a sistemas AMI

Aún existe mucha investigación y desarrollo por venir pero referentes internacionales como Estados Unidos, Europa, Japón, China, Brasil y Australia han logrado integrar con éxito algunas de las aplicaciones de la infraestructura de medición avanzada a partir de la formulación de políticas públicas y marcos regulatorios orientados al desarrollo de las redes inteligentes y tecnologías de la información. En el caso colombiano se vienen adelantando acciones interesantes por parte de las empresas del sector, como la iniciativa sectorial Colombia Inteligente, conformada por diferentes empresas (XM, EPM, CODENSA, EMCALI, CELSIA, EPSA, ELECTRICARIBE, EEB, ISAGEN), centros de desarrollo tecnológico (CIDET, CINTEL) y entidades sectoriales (CNO, CAC, COCIER), quienes con el liderazgo de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y auspicio del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) desarrollaron el mapa de ruta para el aprovechamiento de las tecnologías “Smart Grid” en Colombia titulado “Smart Grid Colombia Visión 2030” [16].

Por otra parte, la normalización actual en el país permite la integración de medidores inteligentes en las redes eléctricas mediante la norma NTC 6079: Requisitos para sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) en redes de distribución de energía eléctrica, el proyecto de norma técnica en mención ha sido elaborado con el fin de establecer los requerimientos mínimos que deben cumplir los sistemas AMI para su operación y gestión. Este proyecto de norma técnica está separado por 5 módulos y en cada uno de ellos se explican respectivamente los requisitos de: la Unidad de Medida (conformada por el medidor de energía, visualizador, dispositivo de conexión/desconexión, dispositivo de cliente final, medidor multiservicios), Unidad Centralizada, Sistemas de Operación y Gestión, Sistema de Comunicaciones y Sistema de Seguridad, los cuales en conjunto integran a la infraestructura de medición avanzada (AMI)[4][21].

Además, el proyecto de decreto del Ministerio de Minas y Energía, por el cual se establecen lineamientos de política pública para incentivar la autogeneración a pequeña escala, la gestión de la demanda de energía eléctrica y la medición inteligente, busca que por lo menos el 95% de los usuarios urbanos estén atendidos con medidores inteligentes a más tardar en el año 2030. Existen en la actualidad en Colombia otras normas y leyes asociadas a sistemas AMI. Ver tabla 1.

| Normas | Descripción | Aplicación |
|-----------|--|------------|
| IEC 61850 | Redes y sistemas de comunicación en subestaciones. | AMI |
| IEC 61968 | Integración de aplicaciones para prestadores del servicio – interfaces del sistema para administración de la distribución. | AMI |
| IEC 61334 | Automatización de la distribución usando sistemas de línea de distribución portadora. | AMI |
| IEC 62056 | Medición de electricidad intercambio de datos para | AMI |

| | | |
|-------------------|--|-----|
| | lectura de medidas, tarifas y control de carga. | |
| IEC 62058 | Equipo de medición de electricidad | AMI |
| NTC 2147:2003 | Equipos de medición de energía eléctrica (c.a). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (Clases 0,2 S y 0,5 S) | AMI |
| NTC 3444 | Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica. | AMI |
| NTC 5226 | Equipos de medición de energía eléctrica (c.a), requisitos generales, ensayos y condiciones de ensayo | AMI |
| NTC 2050 | Código Eléctrico Colombiano | AMI |
| NTC 4052: 2003 | Equipos de medición de energía eléctrica (c.a). Requisitos particulares. Medidores estáticos de energía activa (Clases 1 y 2) | AMI |
| RETIE | Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas | AMI |
| NTC 6079 | Requisitos para sistemas de infraestructura de medición avanzada (AMI) en redes de distribución de energía eléctrica | AMI |

Tabla 1. Normas aplicables a sistemas AMI [4] [10][21].

1.4.2 Arquitectura AMI

La arquitectura de un sistema AMI está compuesta por cinco módulos:

1. Unidad de medida,
2. Unidad concentradora,
3. Sistema de gestión y operación,
4. Comunicaciones,
5. Seguridad.

Además de los cinco módulos, componentes e interfaces se pueden presentar otros elementos tales como: dispositivos del cliente, herramientas de operación y mantenimiento, dispositivos externos. Ver Figura 4.

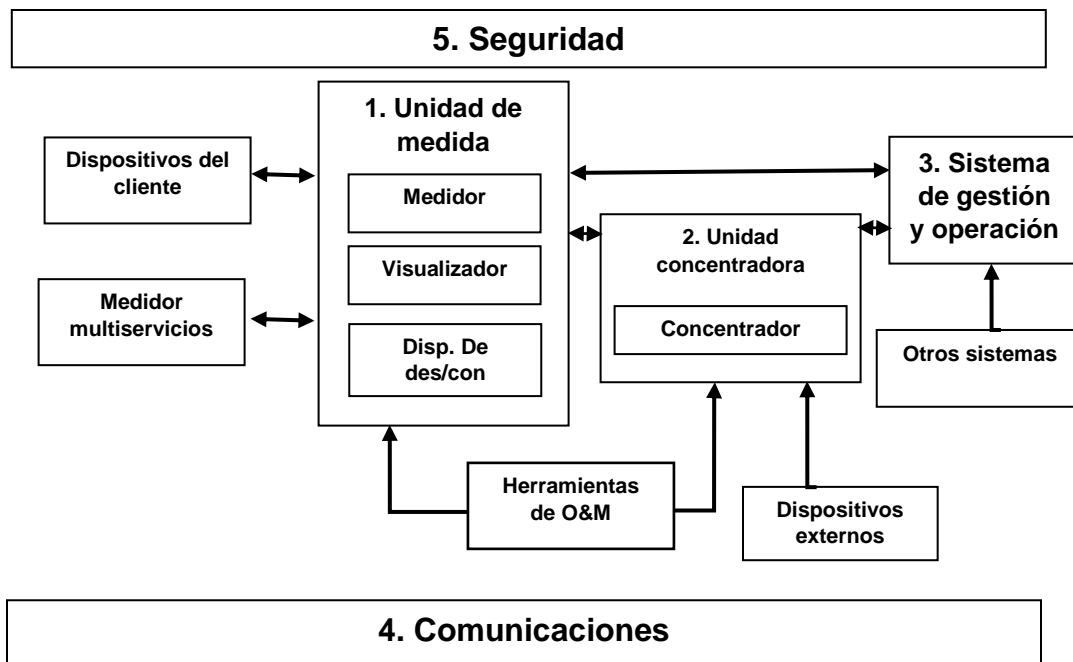


Figura 4. Arquitectura del sistema AMI[4].

La unidad de medida es el componente principal en un sistema de medición, en la arquitectura del sistema AMI presenta además del medidor el visualizador que puede estar incorporado a él (medidor monocuerpo) o puede ser externo constituyendo un medidor bicuerpo, además el cliente a través de un dispositivo puede obtener la medida del consumo de energía; el dispositivo de conexión y desconexión permite al OR interrumpir y restablecer el flujo de energía eléctrica de forma remota mediante el sistema de gestión y operación; las herramientas de operación y mantenimiento local permiten la configuración en terreno de los dispositivos que forman parte de la arquitectura, por otra parte el sistema de comunicaciones y seguridad son transversales a todo el sistema AMI ya que garantizan el flujo de información entre todos los componentes y brindan seguridad en las comunicaciones y la información del sistema.

1.4.3 Descripción de los elementos de la arquitectura AMI

- **Unidad de medida**

Los medidores estándar utilizados para AMI generalmente constan de dos componentes el medidor y la unidad de interfaz del medidor- o módulo MIU- que juntos se combinan para registrar, almacenar datos e información y comunicarse con la red de área local. Los medidores avanzados están agrupados en tres categorías generales: básico avanzado y muy avanzado; dependiendo de la funcionalidad que ofrecen[19].

- **Modelo básico**, típicamente incluye la posibilidad de:
 - ✓ Registro mensual de KWh
 - ✓ Registro mensual de demanda en KWh

- **Modelo Avanzado**, típicamente incluye la posibilidad de:
 - ✓ Registro de intervalos de uso (diario, cada hora, o sub-hora) y demanda.
 - ✓ Provee notificación de fallas.
 - ✓ Provee notificación por manipulación.
 - ✓ Proporciona alarmas por voltaje.
 - ✓ Soporta TOU (tiempo de uso).
 - ✓ Desconexión al servicio a distancia (opcional según sea necesario).

- **Modelo Altamente Avanzado**, típicamente incluye la posibilidad de:
 - ✓ Ser direccionado mediante IP.
 - ✓ Interfaz con una red de área local.

- **Unidad concentradora**

La unidad concentradora o armario de medida concentrada se refiere a un sistema de medición conformado por un conjunto de medidores o unidades de medida individuales (monocuerpos o bicuerpos) agrupados o concentrados en cajas o armarios.[4] Ver figura 5. Estos pueden ser instalados en postes o a nivel del piso.

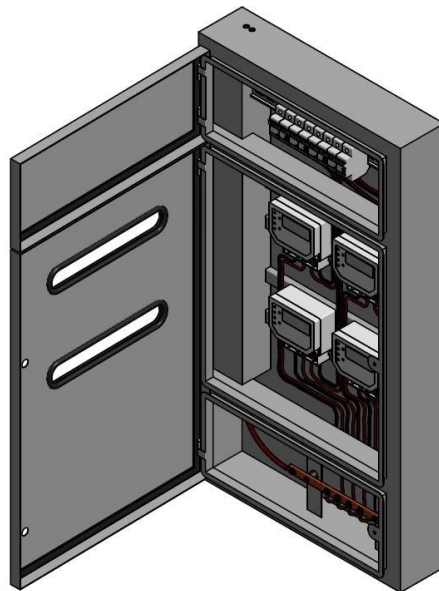


Figura 5. Sistema de medida concentrada a nivel de piso [22]

La unidad concentradora consta de los siguientes equipos y componentes:

➤ **Módulos de medida (unidades de medida)**

Medidor estático de energía eléctrica activa y reactiva, responsable de registrar el consumo de energía que el OR le ha entregado a un usuario del servicio.

➤ **Dispositivo de corte y reconexión**

Elemento de corte para ejecutar acciones de desconexión y conexión con capacidad mínima de 100 A, corte en vacío, corriente de corto circuito y demás características técnicas (aislamiento, material contactores o elementos de estado sólido) [4].

➤ **Indicador de lectura (display)**

El sistema debe contar con dispositivos que permitan tanto al cliente como al OR, la visualización del consumo de energía en tiempo real. El display permite la visualización de los registros de la unidad de medida (energía, mensajes, códigos de error, etc); la información debe ser entregada al dispositivo a través de un protocolo de comunicación y por diversos medios de comunicación (cableado, inalámbrico o PLC).

El display podrá ser de una o dos vías, este podrá ser interno o externo a la unidad de medida. El indicador de lectura de los usuarios del sistema puede ser individual, múltiple o combinaciones de los dos, de acuerdo a las necesidades de la instalación. Además, puede tener la posibilidad de desplegar mensajes de texto enviados desde el centro de gestión [4].

La unidad de medida para los sistemas AMI puede instalarse como un sistema monocuerpo, bicuerpo o de medida centralizada. Según la ubicación de las unidades de medida, las normas que deben cumplir son las indicadas en la tabla 2.

| Ubicación | Normas aplicables |
|---|--|
| Cajas portamedidores de 1 a 6 medidores | NTC 2958, "Métodos de ensayo de cajas para instalación de medidores y cajas de derivación de acometidas" |
| Cajas concentradoras (más de 6 medidores) | Debe cumplir lo indicado en la NTC 2958 para cajas multicuenta y uso a la intemperie |
| Armarios de medidores | NTC 3444, "Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica" |

Tabla 2. Normas para medida concentrada [4].

✓ **Sistema de gestión y operación**

El sistema de gestión y operación es un software o conjunto de aplicaciones informáticas que permiten controlar, administrar y gestionar toda la información y datos relacionados con la medición del consumo de energía de los clientes. Es además responsable de la configuración, control, operación y mantenimiento de todos los componentes del sistema. Su funcionalidad incluye también el tratamiento de eventos y alarmas, y la administración y operación de todas las comunicaciones del sistema. Estos sistemas pueden ser un sistema comercial que administra los contratos de suministro de energía al cliente, así como un sistema de mantenimiento de red, que maneja alarmas y mantenimiento de cualquier dispositivo instalado en el campo, entre otros [4].

✓ **Sistemas de comunicaciones**

El sistema de comunicaciones es transversal a todo el sistema AMI, pues éste garantiza el flujo de información entre todos sus componentes. Los sistemas AMI pueden utilizar diversos tipos de interfaces de comunicación, así como diferentes modelos de datos y protocolos de intercambio de información.

Cada medidor es capaz de comunicar de forma fiable y segura la información recogida a un receptor central, pero, teniendo en cuenta los diferentes ambientes y lugares y lugares a donde se encuentran los medidores, se evidencian diferentes problemas, por lo cual, como soluciones de comunicación se optan por tecnologías como: redes de celulares, satélites, comunicaciones a través de la línea eléctrica, etc., habiendo muchas configuraciones de red, incluyendo el uso de Wi-Fi y otras redes relacionados con el internet [17].

✓ **Seguridad**

El módulo de seguridad trata especialmente la seguridad en las comunicaciones y la información en el sistema AMI. La elección de tecnologías o las soluciones de seguridad que podrán ser usadas, dependen del contexto de cada proyecto, el cual tendrá sus propias amenazas, riesgos y vulnerabilidades y por lo tanto cada OR que pretenda diseñar un sistema AMI, deberá establecer su objetivo de seguridad. Es decir, en contra de que debe estar especialmente protegido, antes de pensar en términos de soluciones y tecnologías de seguridad[4].

La seguridad en un sistema AMI se refiere principalmente a la seguridad de la información, especialmente en el transporte y almacenamiento de datos.

Capítulo 2

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES, ELÉCTRICAS Y MECÁNICAS DE ARMARIOS DE MEDIDA CONCENTRADA

2.1 Sistema de Medida Centralizada

Muchos de los sistemas de medición actuales utilizados en fronteras comerciales en donde se transfieren grandes cantidades de energía fusionan los avances tecnológicos que se han presentado en áreas como las redes de comunicaciones electrónicas, sistemas de gestión de información remota, la integración de circuitos para el procesamiento de señales análogas, con el fin de obtener y procesar en tiempo real y con la mayor precisión la información referente a los consumos de energía.

Ante las notables ventajas que representa tener un sistema de medición remota en las fronteras comerciales, se está adoptando el mismo concepto de medición al sector residencial el cual representa un mayor número de consumidores de la demanda total. La gran cantidad de medidores de este sector produce la necesidad de crear varios grupos de medidores con el fin de reducir el número de canales de comunicación con la oficina central donde se reciben los datos de consumo. Cada canal será compartido entre todos los medidores de un mismo grupo para el envío de sus respectivas lecturas. Esto induce la idea de centralizar localmente las medidas de manera estratégica hasta dar completa cobertura de un sector específico de consumidores de energía [23].

La medida centralizada es una adaptación local del término internacional conocido como AMR (Automated Meter Reading) o Lectura Automática Remota el cual es utilizado en otros países del mundo para los sistemas que ejecutan la recolección automática de los consumos, el diagnóstico, y el estado de los datos no solo para la medición de energía eléctrica, sino también para otros servicios como el consumo de agua y gas. Tal información es transferida a una base de datos central para propósitos de facturación, solución de los problemas reportados y análisis del desempeño del sistema[23].

El sistema de medida centralizada transforma las unidades de consumo eléctrico de cada usuario en señales que pueden ser transmitidas y decodificadas por una tarjeta electrónica, enviándose la información desde un conjunto de usuarios a un concentrador o armario de medida concentrada con su correspondiente microprocesador, memoria y programa para que finalmente termine esta información en las áreas de Facturación y Control del operador de red una vez ahí, esta información es utilizada de acuerdo a los requerimientos de cada OR. Ver figura 6.

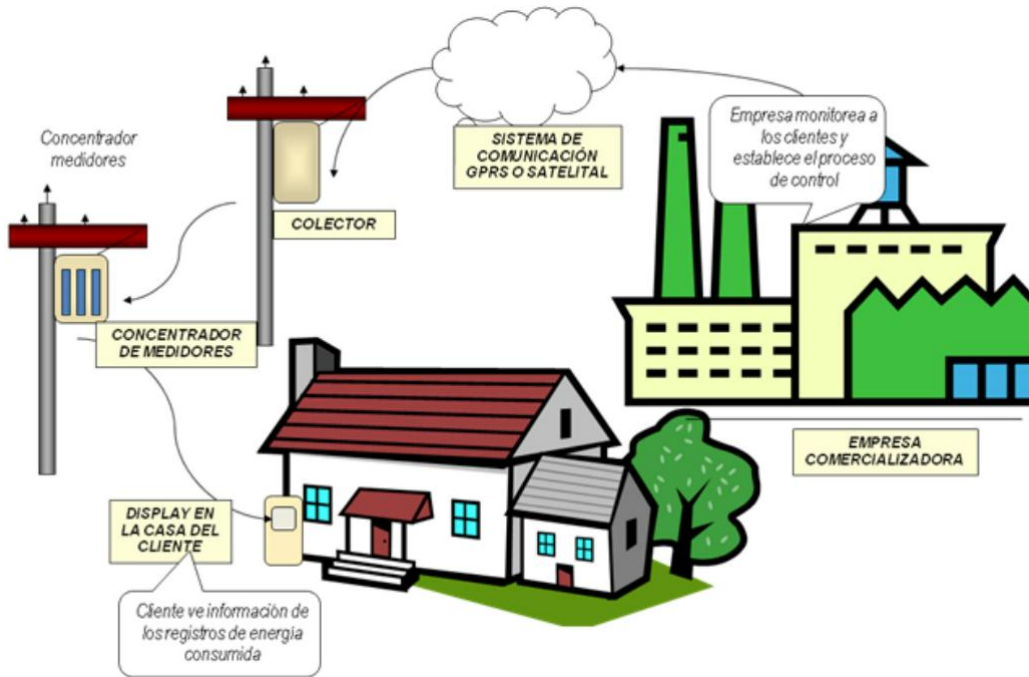


Figura 6 Esquema del sistema de medida centralizada [24].

Esta tecnología ayuda a reducir el costo de enviar personal periódicamente al sitio físico donde se encuentran los medidores para realizar las lecturas. Otra ventaja del sistema es que el proceso de facturación está basado en consumo en tiempo real en vez de utilizar estimados basados en consumos previos o previsivos. Toda esta información recolectada junto con su análisis puede ayudar tanto a los OR como a los clientes a tener un mejor control del uso y producción de la energía eléctrica.

2.1.1 Componentes de un sistema de medida centralizada

La tecnología de medición centralizada de energía eléctrica es un sistema agrupado en cajas o armarios de medida concentrada, integrado por medidores electrónicos inteligentes individuales y equipo de comunicación, que cuentan con operación remota integrados al sistema de medida centralizada. El sistema de medición centralizada tiene los siguientes componentes:

- ✓ Display o visualizador.
- ✓ Concentrador de medidores o armario de medida concentrada.
- ✓ Colector.
- ✓ Sistema de comunicación.

Para el desarrollo del proyecto se hará énfasis en los requisitos técnicos, eléctricos y mecánicos del concentrador de medidores o armario de medida concentrada que pertenece a un sistema de medida centralizada, bajo la normatividad vigente en Colombia.

Si bien uno de los objetivos del presente trabajo es establecer las especificaciones eléctricas y mecánicas para armarios de medida concentrada y con ello dar a entender los procedimientos, normas y exigencias a ser aplicadas en la implementación de armarios de medida concentrada, la literatura y normatividad abordada en el desarrollo del trabajo de investigación establece que estos se reflejan en forma de requisitos y especificaciones técnicas generales, eléctricas y mecánicas que se deben cumplir.

El armario de medida concentrada aloja los medidores de energía eléctrica de determinado grupo de usuarios, junto con el sistema de comunicaciones que envía la información al centro de gestión del OR. Además de esto posee las acometidas de servicio ya sean monofásicas o bifásicas para cada uno de los usuarios asociados al armario, la alimentación o suministro de energía del armario se hace mediante una transición aérea desde la red de media tensión existente hasta la protección interna del armario con un conductor eléctrico adecuado. Por lo tanto a continuación se plantearán los conceptos de acometidas y , componentes de una acometida, debido a la manipulación de elementos metálicos junto a partes energizadas se deben tener en cuenta las protecciones y las distancias mínimas de seguridad en acometidas de baja tensión (BT).

2.1.2 Acometidas, protección y maniobras de acometidas

- **Acometidas**

Una acometida es una derivación de la red local del servicio público domiciliario de energía eléctrica, que llega hasta el registro de corte del inmueble. En edificios de propiedad horizontal o condominios, la acometida llega hasta el registro de corte general [2].

De acuerdo con la función que desempeñan, las acometidas dentro del sistema de distribución se pueden clasificar en [25]:

- ✓ Acometida en media tensión.
- ✓ Acometida general en baja tensión.
- ✓ Acometida parcial o alimentador.

Y de acuerdo con la forma de construcción, las acometidas se pueden clasificar en:

- ✓ Aéreas.
- ✓ Subterráneas.

- ✓ **Partes que componen la acometida**

Una acometida eléctrica aérea en baja tensión está conformada por el grupo de elementos que sirven para conectar un usuario a la red de uso general de baja tensión, en el punto de conexión, tales como los conectores y estribos en el caso de redes abiertas o los terminales de ponchar y los tornillos con sus accesorios en el caso de existir cajas de derivación; también incluye el sistema

de conductores de entrada, incluyendo los elementos tanto al poste como los que van en la fachada, entre los que se cuentan el fleje de acero (cinta band-it), las hebillas para fleje de acero, los ojos de aluminio, anclaje, los soportes al ducto de acometida con su respectivo capacete, la caja del medidor, hasta llegar a los bornes de entrada del medidor en caso de medida directa o al dispositivo de corte general, en caso de medida semidirecta ver figura 7. En el caso de medida directa, también hacen parte de la acometida los conductores que van desde los bornes de carga del medidor hasta el dispositivo de corte general[3].

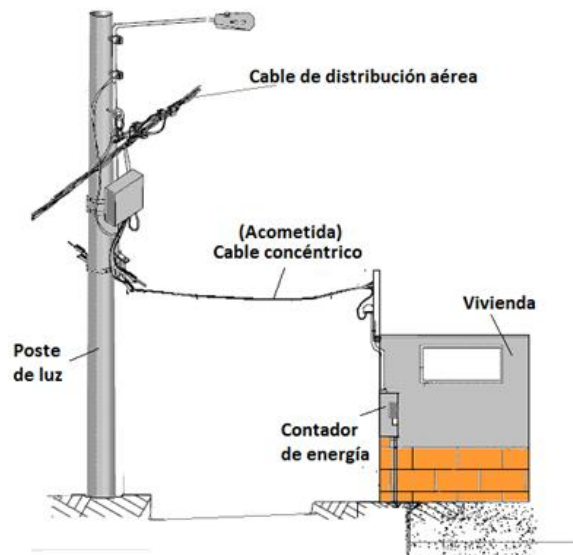


Figura 7. Acometida eléctrica [26].

✓ Protección y maniobras de acometidas

Acometidas en baja tensión

El medio de desconexión de los conductores de la acometida sin poner a tierra debe consistir en un interruptor automático de circuito accionable manualmente, o un interruptor manual o automático de circuito accionable eléctricamente, siempre que se pueda abrir manualmente en caso de falla en el suministro de corriente. El medio de desconexión se localiza aguas arriba del medidor en un compartimiento para su uso y con sellos de seguridad por parte del OR.

Todos los conductores de acometida no puestos a tierra deben tener protección contra sobre carga. Dicha protección debe ir en serie con cada conductor de acometida no puesto a tierra y con capacidad de corriente nominal o ajuste no superior a la del conductor. Este dispositivo debe formar parte integral del medio de desconexión de la acometida o estar situado inmediatamente al lado del mismo [25].

Continuidad de la acometida

Red de Baja tensión: En las acometidas de usuarios con medida directa, no se permiten empalmes ni derivaciones en la acometida entre el punto de conexión a la red de uso general y los bornes de entrada al medidor. Entre los bornes de salida del medidor y el dispositivo de corte general se permiten empalmes, siempre que ellos sean técnicamente efectuados de acuerdo con las disposiciones del Artículo 110-14 del código eléctrico (NTC 2050), es decir, que sean soldados o que se usen conectores certificados para cada uso particular y que el aislamiento sea repuesto con las cintas adecuadas[2].

- **Distancias mínimas de seguridad en acometidas aéreas de BT**

Las distancias mínimas de seguridad que se deberán guardar entre líneas eléctricas y los diferentes elementos físicos tienen como objetivo evitar accidentes por contacto o por acercamiento. Todas las distancias mínimas de seguridad deberán estar de acuerdo con lo establecido en el Artículo 13 del RETIE [3].

2.2 Requisitos eléctricos y mecánicos para un armario de medida concentrada

Los requisitos del sistema AMI se dividen por los requisitos para cada módulo, es decir los requisitos para la unidad de medida, armario de medida concentrada, sistema de gestión y operación, comunicaciones y seguridad. En cada uno de estos módulos los requisitos se dividen de acuerdo a algunos de sus componentes o funciones. Teniendo en cuenta el alcance del proyecto se hará énfasis en los requisitos eléctricos y mecánicos del armario de medida concentrada, para la unidad de medida por ser un componente esencial del sistema AMI se presentaran las respectivas referencias normativas.

Requisitos eléctricos unidad de medida

Los requisitos eléctricos para la unidad de medida con conexiones directa, semidirecta e indirecta están basados en las normas NTC 5226 para las características de tensiones, corrientes y frecuencias normalizadas de referencia. Así mismo para la influencia de la tensión de alimentación, calentamiento, aislamiento, inmunidad de falla a tierra y compatibilidad electromagnética (EMC) [4].

Los requisitos para consumo de potencia en el circuito de corriente, influencia de sobre corrientes de corta duración e influencia de autocalentamiento se clasificarán según sus tipos de conexión y clases, tal como se muestra en la Tabla 3, teniendo como base las normas NTC 4052, NTC 4569 y NTC 2147.

| REQUISITOS ELECTRICOS UNIDAD DE MEDIDA | Conexión directa | | Conexión por medio de transformador | |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------|
| | Activa clase 1 | Reactiva clase 2 | Activa clase 1 0.2 s y 0.1 s | Reactiva clase 2 y 3 |
| Tensiones Normalizadas De Referencia (Voltios) | NTC 5226 (IEC 62052-11) | | | |
| Corrientes Normalizadas De Referencia (Amperios) | | | | |
| Frecuencia Normalizada De Referencia | | | | |
| Influencia de La Tensión De Alimentación | | | | |
| Inmunidad de Falla A Tierra | | | | |
| Compatibilidad Electromagnética (Emc) | | | | |
| Ensayos de Tensión Alterna | | | | |
| Consumo de Potencia Circuitos de Tensión Medidores Multifunción | NTC 4649(IEC 62053-61) | | | |
| Consumo de Potencia-Intervalo de Tensión En Medidores Multifunción | | | | |
| Consumo de Potencia- Circuitos De Corriente | NTC 4052 (IEC 62053-21) | NTC 4569 (IEC 62053-23) | NTC 2147 (IEC 62053-22) | NTC 4569 (IEC 62053-23) |
| Influencia de Sobre-Corrientes De Corta Duración | | | | |
| Influencia de Autocalentamiento | | | | |

Tabla 3. Referencias normativas para requisitos eléctricos de la Unidad de Medida [4][27].

Requisitos mecánicos unidad de medida

En la unidad de medida los requisitos mecánicos generales, para la caja del medidor (conjunto base y tapa principal), ventana, bloque de terminales, tapa del bloque de terminales, distancias de seguridad y de fuga, medidor de caja aislada con protección clase II, resistencia al calor y fuego, protección contra penetración de polvo y agua, visualización de los valores medidos, dispositivos de salida, identificador del medidor y condiciones climáticas, deben ser tomados de la NTC 5226[4].

Según lo descrito en la norma NTC 6079 la norma aplicable para armarios de medidores , es la NTC 3444 la cual plantea las condiciones generales para la fabricación, instalación y puesta en funcionamiento de armarios para instalación de medidores de energía eléctrica, como también define los requisitos, toma de muestras, ensayos y rotulado[28].

2.3 Requisitos eléctricos para un armario de medida concentrada

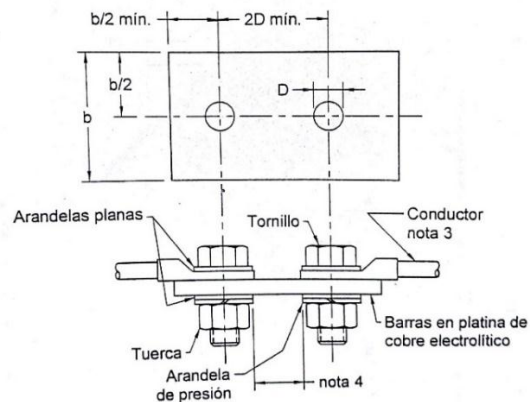
Los elementos eléctricos juegan un papel importante por cuanto constituyen el principal elemento de transporte de energía eléctrica, a continuación se presentan los requisitos eléctricos que deben cumplir los armarios de medida concentrada para una infraestructura

de medición avanzada. Estos requisitos se han clasificado en los siguientes tres grupos: primero protecciones y conductores rígidos, segundo puesta tierra y tercero cableado.

- **Protecciones y conductores rígidos**

En toda instalación eléctrica se debe tener en cuenta las protecciones frente a sobrecorrientes y corrientes de falla, en armarios de medida concentrada esta protección es enfocada hacia los equipos que se usan para la medición del consumo de energía, como también se debe garantizar la protección hacia a los usuarios, a continuación se presentan los requisitos eléctricos de los conductores rígidos (barrajes) y las protecciones, entre estos están la capacidad de cortocircuito, los medios de desconexión, la identificación de fases, la ubicación de los barrajes, las derivaciones de los barrajes y la capacidad de corriente del barraje.

- ✓ La capacidad de cortocircuito de cada interruptor automático se deberá calcular de acuerdo a la del circuito del armario.
- ✓ El armario debe tener los medios de desconexión del servicio al usuario por parte de las empresas que suministran la energía, las cuales deberán reglamentar el sistema de bloqueo o corte.
- ✓ El barraje debe colocarse de tal manera que tenga fácil acceso para su inspección y mantenimiento. Debe fabricarse en platina de cobre electrolítico tetrapolar y calculado, teniendo en cuenta no sólo la corriente de la carga normal, sino también la corriente de cortocircuito.
- ✓ Las barras deben estar pintadas de color amarillo, azul y rojo para identificación de las fases a, b y c, respectivamente; el neutro debe ser de color blanco o gris natural y la separación mínima entre barras debe ser la indicada en la NTC 2050, numeral 384-26, Tabla 384-26.
- ✓ El barraje general debe instalarse en forma escalonada, colocando el neutro en la parte superior y más cercana al fondo del armario. La disposición de las barras correspondientes a las fases debe ser de afuera hacia adentro (respetando el orden a, b y c) en forma horizontal, tomando como referencia el frente del armario, de acuerdo con la NTC 2050, numeral 384-3 f.
- ✓ Las derivaciones del barraje deben tener las siguientes características:
 - El barraje no debe estar pintado en el punto de derivación.
 - Las derivaciones que se realicen con cable deben tener un conector terminal de presión tipo pala de cobre, el cual debe fijarse al barraje mediante un tornillo, una tuerca y una arandela. Ver Figura 8.
 - Debe prever los conectores necesarios para acoplarse con otros barrajes.
 - Todos los tornillos, tuercas y arandelas que se fijen en el barraje deben tener un recubrimiento que evite la oxidación y garantice una alta conductividad.



| b | D |
|----|-----|
| 12 | 5.5 |
| 15 | 6.6 |
| 20 | 9 |
| 25 | 11 |
| 30 | 14 |
| 40 | 18 |
| 50 | 18 |
| 60 | 18 |

Notas:

1. Para dimensiones mayores de b debe consultarse con el usuario.
2. Los huecos deben ser taladrados.
3. Los conductores deben tener bordes terminales.
4. La distancia mínima entre arandelas debe ser 4 mm, para calentamientos locales por corrientes parasitas.
5. Las arandelas planas deben tener mayor diámetro que las arandelas de presión.

Figura 8. Fijación de las derivaciones del barraje [26].

- ✓ El barraje debe montarse sobre aisladores de soporte, los cuales no deben ser higroscópicos o combustibles. Los aisladores deben soportar una tensión de ensayo de aislamiento a frecuencia industrial de 2,2 kV durante 1 min, sin rompimiento del dieléctrico.
- ✓ El barraje debe estar a la vista y protegido en toda su longitud contra contactos accidentales, por medio de una cubierta transparente aislante, tipo acrílico de 4 mm mínimo de espesor, removible frontalmente. Además, poseer dos puntos con pines portasellos localizados diametralmente opuestos. No se aceptan barrajes sin dicha protección.
- ✓ El barraje neutro debe ser 100% de la capacidad de corriente del barraje de fase.
- ✓ El totalizador debe estar fijado a una lámina o ángulo metálico de calibre no inferior al de la lámina empleada en la fabricación del armario.

• **Puesta a tierra**

Es indispensable en todo tipo de instalación eléctrica, poseer un sistema de puesta a tierra (RPT), de tal manera que en cualquier punto interno o externo accesible a personas, estas no estén sometidas a tensiones de paso o de contacto superiores a los umbrales soportados por el ser humano, en caso que ocurra una falla [2][3]. En las redes de baja tensión para servicio domiciliario o similar se establece un régimen de

conexión a tierra (RTC) el cual se considera equivalente en cuanto a la seguridad de las personas. Ver figura 9 [26].

En general, se espera que una puesta a tierra tenga suficiente capacidad de dispersión de corriente en el suelo, y que a su vez limite los potenciales en su superficie (control de gradiente de potencial), de tal manera que no comprometan la seguridad de las personas por causa de una falla a tierra[29]. A continuación se presentan los requerimientos para la puesta a tierra según la norma NTC 3444.

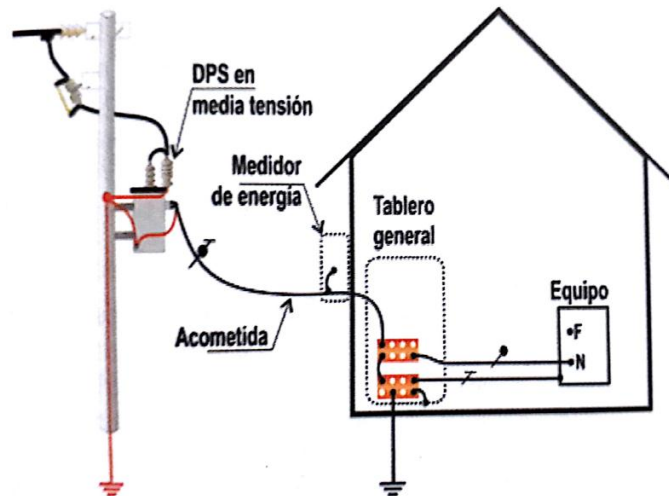


Figura 9. Régimen de conexión a tierra [26].

- ✓ Dentro del compartimiento de interruptores se debe instalar una platina de cobre para conexión a tierra del mismo, con capacidad no menor a 200 A de acuerdo a la NTC 2050, numeral 384-27.
- ✓ En caso de que el armario tenga piso, este debe tener una perforación con un diámetro de 19.1 mm (3/4 de pulgada) dotada de una boquilla, para facilitar así el paso del conductor que se vaya a conectar al electrodo de puesta a tierra.
- ✓ Tanto la barra de neutro como la estructura del armario, deben estar conectadas a tierra.
- ✓ El armario y la barra de neutro y tierra deben tener una terminal roscada con suficiente capacidad para asegurar las conexiones entre estos y el electrodo de puesta a tierra.

- **Cableado**

En un mismo armario eléctrico pueden convivir diversos tipos de cables en función de su aplicación: cables de conexión, potencia, apantallados, etc. Los cables permiten unir los aparatos eléctricos del interior del armario y los del exterior.

Los conductores flexibles (cables) deben presentar el calibre adecuado, de acuerdo a la capacidad de corriente a transportar según la carga demandada, el tipo de aislamiento eléctrico debe estar estipulado por las condiciones de la instalación y el elemento conductor, por consiguiente se presentan los requisitos eléctricos de los conductores flexibles tales como: tipo de aislamiento, calibre e identificación de fases.

- ✓ El conductor utilizado debe ser de la clase de aislamiento tipo THW mínimo.
- ✓ El radio mínimo de curvatura de los conductores debe ser equivalente a cuatro veces el diámetro del conductor.
- ✓ El calibre debe ser calculado de acuerdo con la capacidad de cortocircuito del barraje y el circuito mismo. El calibre del neutro debe ser el mismo que el de la fase.

Nota: el valor calculado debe aproximarse al calibre inmediatamente superior.

- ✓ La identificación de los conductores debe realizarse por fases utilizando una marquilla tipo clip que garantice su permanencia, de igual forma, se deben identificar tanto la entrada como la salida de los mismos.
- ✓ El color del conductor debe ser blanco o gris natural de acuerdo a lo establecido en la NTC 2050. En su defecto, será identificado en los extremos, previo acuerdo entre el fabricante y el comprador.

2.4 Requisitos mecánicos para un armario de medida concentrada

De acuerdo a la ubicación, al número de unidades de medida, al tipo de conexión de servicio de energía se establecen los requisitos mecánicos que deben cumplir los armarios de medida concentrada y con ello brindar protección frente a condiciones atmosféricas, manipulación indebida de los componentes eléctricos y sus conexiones, además de poder facilitar el mantenimiento.

Los requisitos mecánicos se relacionan con las características constructivas del armario de medida concentrada, estas características están organizadas en dos categorías, la primera la cual incorpora condiciones generales las cuales están asociadas a los elementos físicos que constituyen el cuerpo del armario, donde serán alojados los medidores y la otra categoría establece los requisitos que se deben cumplir en cuanto al acabado del armario. La norma NTC 3444 también establece los requisitos para la toma de muestras y ensayos para armarios de medida concentrada, estos se presentan en una tabla con sus respectivas referencias normativas.

2.4.1 Condiciones generales

Las condiciones generales plantean los requisitos que se deben cumplir respecto al material en que se deben construir los armarios, la localización e instalación, los espacios libres, la estructura, los compartimientos, las puertas y las dimensiones.

- **Materiales**

En el proceso de fabricación del armario de medida concentrada el material empleado debe cumplir el calibre adecuado, para el caso del uso de lámina de acero, debe garantizar la rigidez y no presentar desajustes en el proceso de instalación, así como los medios apropiados de sujeción de acuerdo al tipo de ubicación, los requisitos mecánicos para el tipo de material se presentan a continuación:

- ✓ Los armarios para medidores deben fabricarse en lámina de acero calibre 16 (cold rolled) mínimo, en fibra de vidrio o en otros materiales sintéticos. No se acepta madera.
- ✓ Cuando se utilice fibra de vidrio o material sintético para la fabricación de armarios, debe garantizarse que cumplan todos los requisitos y características de aquellos que se fabrican con lámina de acero.
- ✓ Los armarios así construidos deben ser rígidos y no deben presentar desajustes durante su transporte e instalación.
- ✓ Todos los tornillos, tuercas, arandelas, guasas, bisagras, portacandados, portasellos y demás elementos similares deben estar protegidos contra la corrosión. Cuando se tengan condiciones ambientales especiales, estos elementos deben tener un recubrimiento apropiado para dichas condiciones, el cual debe establecerse de común acuerdo entre el fabricante y el comprador (o usuario). El método de instalación debe garantizar, finalmente, que el recubrimiento contra la corrosión no se pierda.
- ✓ Las puertas para los armarios se deben construir en lámina de acero cold rolled calibre 14 USG ó 16 USG mínimo, así: calibre 14 USG, reforzado en la zona de las bisagras; calibre 16 USG en U o en L reforzado internamente alrededor del marco, o cualquier otro método que garantice que la puerta no se desajuste.
- ✓ Las ventanas de inspección deben fabricarse en vidrio o acrílico con un espesor mínimo de 4 mm.

- **Localización e instalación**

- ✓ Los armarios para medidores se deben ubicar en un lugar destinado para tal fin. Los armarios no pueden estar localizados debajo de escaleras ni empotrados en la pared.
- ✓ El sitio de ubicación del armario debe ser de fácil acceso y no debe llegarse a él a través de habitaciones. Este no debe utilizarse como depósito de materiales u otros elementos.

- ✓ Al frente de los armarios se debe disponer de un espacio libre que permita la apertura de las puertas (120° mín.).
- ✓ La altura mínima de la base de los armarios con respecto al nivel del piso debe ser de 5 cm.
- ✓ Los armarios deben tener todas las cuentas identificadas, así como la terminal de puesta a tierra y los dispositivos de corte y protección, de acuerdo con lo establecido en la NTC 2050, numerales 110-22 y 230-72. La identificación debe hacerse de manera que se garantice la permanencia de las marquillas. Estas deben ser plásticas, acrílicas o metálicas, firmemente remachadas. Una vez instalados los equipos, las marquillas deben quedar perfectamente visibles.
- ✓ El tamaño de los números y letras empleados en la identificación de cuentas y equipos deben tener una altura mínima de 5 mm, y ser indelebles en alto o bajo relieve.

- **Espacios libres**

- ✓ La separación entre las partes metálicas y los dispositivos montados en el interior del armario deben cumplir con lo establecido en los numerales 373-11 y 384-26 de la NTC 2050.

- **Estructura**

- ✓ Los armarios deben construirse de tal manera que presenten una estructura completamente autosoportada e indeformable. El material empleado en la construcción debe cumplir con lo indicado anteriormente.
- ✓ La construcción estructural de los armarios puede ser en lámina doblada o en perfiles angulares o estructurales, siempre y cuando ésta presente la rigidez exigida. Si los armarios son fabricados en estructura de perfil de ángulo de acero, éste debe ser de 38,1 mm x 38,1 mm x 3,175 mm (1 ½ pulgadas x 1 ½ pulgadas x 1/8 de pulgada). Cuando se emplee cordón de soldadura para unir los perfiles, éste debe estar libre de porosidades.

- **Compartimientos**

- ✓ El interior del armario debe estar dividido en tres compartimientos separados para los medidores y demás elementos constitutivos de éste. Los compartimientos inferior y superior son intercambiables.
- ✓ Los compartimientos deben estar separados por una lámina de calibre 16 USG mínimo.
- ✓ Compartimiento para uso particular. Es aquel en el que se deben instalar los interruptores automáticos a los cuales puede tener acceso el usuario. Cada interruptor deberá estar fijo por medio de una base. Este compartimiento puede estar situado en la parte superior o inferior del armario.
- ✓ Cada interruptor automático debe estar identificado con el número de cuenta a la que pertenezca. La identificación debe realizarse por medio de una placa plástica, acrílica o metálica con la información apropiada en letras y números indelebles y en

alto o bajo relieve. La placa debe fijarse a la tapa o bandeja por medio de remaches.

- ✓ Compartimiento para los medidores de energía eléctrica. Este compartimiento deberá estar situado en la parte central del armario.
- ✓ En este compartimiento deben colocarse un máximo de tres bandejas, fabricadas en lámina de calibre USG no inferior al de la lámina empleada en la fabricación del armario. Cada una de las bandejas tendrá una altura de 0,30 m y una longitud en función de la cantidad de medidores que se quieran instalar. Entre éstas y la parte superior o inferior del compartimiento debe existir un espacio de 5 cm, excepto en la última, la cual debe ser de 8 cm.
- ✓ La tomillería empleada para la fijación de las bandejas debe ser autorroscante si se montan sobre perfil de lámina. Cuando el montaje se realiza sobre un ángulo de acero se debe, o hacer una rosca en éste para alojar allí el tornillo, o perforar el ángulo, soldando una tuerca en la parte posterior para roscar allí dicho tornillo.
- ✓ La identificación de los medidores debe hacerse por medio de una placa plástica, acrílica o metálica con la información apropiada en números y letras indelebles, en alto o bajo relieve.
La placa debe fijarse a la tapa o bandeja por medio de remaches.
- ✓ Compartimiento para el totalizador y el barraje. Este compartimiento puede estar situado en la parte superior o inferior del armario.

• Puertas

Se debe utilizar una puerta para armarios de hasta 12 cuentas y dos puertas para 13 cuentas en adelante.

- ✓ Puerta para el compartimiento para uso particular. Debe tener dos bisagras, una manija que facilite la apertura de la puerta y un portacandado o cerradura para llave bristol de 9 mm, o triangular.
- ✓ El portacandado debe ser atornillado, remachado o soldado internamente y estar fabricado en varilla perforada, platina o lamina cold rolled de 19.1 mm (3/4 de pulgada) X 3.175 mm (1/8 de pulgada) como mínimo, con un orificio de diámetro de 7 mm.
- ✓ En la puerta se debe remachar una placa fotograbada, o de un material resistente como plástico, acrílico o metal con la siguiente inscripción en letras mayúsculas **“PROPIEDAD PARTICULAR”**.
- ✓ Puerta para el compartimiento de medidores. Deben tener dos bisagras mínimo, distribuidas a lo largo de la puerta; una cerradura para llave bristol o llave triangular, un portacandado y dos portasellos.
- ✓ Los portasellos deben ser dos tornillos con una perforación máxima de 1.6 mm (1/16 de pulgada) de diámetro en la cabeza, con el fin de que pueda pasar a través de esta una alambre calibre 18 USG cuyo diámetro es de 1.2 mm (ver la figura 10) y sobresalir mínimo 5mm de las puertas o tapas.
- ✓ La puerta debe tener una ventana de inspección por cada hilera de medidores que contenga el compartimiento, la cual será de 28 cm de altura y una longitud apropiada, correspondiente al número de medidores que se instale.

- ✓ En la puerta se debe remachar una placa de un material resistente como acrílico, plástico o metal, con la siguiente inscripción en letras mayúsculas (mínimo 10 mm de altura): **“USO EXCLUSIVO (...)”**. Los puntos suspensivos se deben cambiar por el nombre de la empresa que suministre la energía eléctrica al usuario.
- ✓ La puerta para el compartimiento de uso exclusivo de la empresa suministradora de energía eléctrica debe tener dos bisagras, una manija que facilite la manipulación de la puerta, un portacandado y dos portasellos.

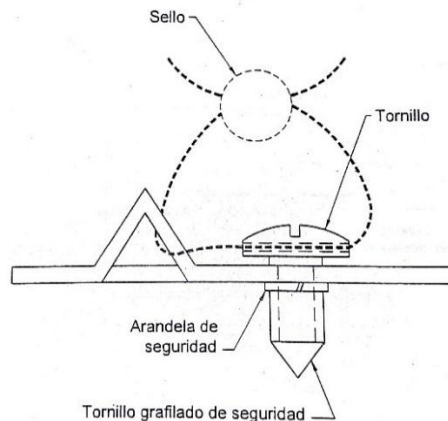


Figura 10. Portasellos [28].

- ✓ El portacandado debe ser atornillado, remachado o soldado internamente y estar fabricado en varilla perforada, platina o lamina cold rolled de 19.1 mm (3/4 de pulgada) X 3.175 mm (1/8 de pulgada) como mínimo, con un orificio de diámetro de 7 mm.
- ✓ Los portasellos deben ser dos tornillos con una perforación máxima de 1.6 mm (1/16 de pulgada) de diámetro en la cabeza, con el fin de que pueda pasar a través de esta un alambre calibre 18 USG cuyo diámetro es de 1.2 mm, o varillas de 3.175 mm (1/8 de pulgada) de diámetro y 17.4 mm (11/16 de pulgada) de longitud.
- ✓ En la puerta se debe remachar una placa de un material resistente como acrílico, plástico o metal, con la siguiente inscripción en letras mayúsculas (mínimo 10 mm de altura): **“USO EXCLUSIVO (...)”**. Los puntos suspensivos se deben cambiar por el nombre de la empresa que suministre la energía eléctrica al usuario.
- ✓ **Dimensiones**
 - ✓ La altura máxima permitida para los armarios para instalación de medidores de energía eléctrica deberá ser de 2.20 m.
 - ✓ Se debe dejar un espacio mínimo de 20 cm entre los centros de los medidores, así como entre los medidores de los extremos y las paredes laterales del compartimiento.

- ✓ Solamente se permiten cuatro medidores por cada ancho de una puerta. Cuando se requiera el uso de dos puertas, se debe conservar la distancia de 0.2 m, entre centro de unión de las puertas y los medidores situados a lado y lado de esta.
- ✓ La profundidad debe ser de 0.40 m.

2.4.2 Requisitos

Esta sección establece los requisitos que se deben cumplir en cuanto al acabado del armario de medida concentrada los cuales son: pintura, adherencia, acabado, dureza, espesor, grado de protección y rotulado.

- **Pintura**

- ✓ La lámina de acero utilizada en la construcción de los armarios para medidores de energía eléctrica debe ser sometida a un tratamiento de limpieza, desengrase y fosfatado, antes de pintarse.

- **Adherencia**

- ✓ La pintura deberá tener una adherencia mínima del 95 % cuando se someta al ensayo de adherencia de acuerdo a la NTC 811.

- **Acabado**

- ✓ Este acabado del armario deberá soportar el ensayo de la cámara salina se debe realizar durante 120 h mínimo, de acuerdo con la NTC 1156. Sin embargo, para aplicaciones especiales, el tiempo de duración del ensayo será acordado entre el comprador y el fabricante. Los daños en la superficie de la lámina, tales como ampollas, grietas, puntos de oxidación o manchas deberán ser menores al 5% del área de la probeta de ensayo cuando el moho sea removido.

- **Dureza**

- ✓ La dureza de la capa de pintura deberá ser de 2 h como mínimo, cuando se verifique de acuerdo con lo indicado en la NTC 912.

- **Espesor**

- ✓ El espesor de la capa de pintura variara de acuerdo con su tipo:

- **Pintura por secamiento al aire**

Se deberán aplicar capas de anticorrosivo a base de resinas epoxicas, alquidicas o de caucho clorado, con un espesor mínimo de pintura seca de 50 micras. Luego se deberán aplicar capas de pintura de acabado a base de resinas epoxicas, alquidicas o de caucho clorado las cuales deberán tener un

espesor mínimo de 35 micras, para un total de 85 micras de pintura seca, cuando se someta al ensayo mediante un medidor de capas de recubrimientos orgánicos sobre superficies debidamente contrastado.

➤ **Pintura horneable**

El espesor mínimo de pintura seca será de 40 micras cuando se someta al ensayo descrito en la pintura de secamiento por aire.

• **Grado de protección**

- ✓ El grado de protección deberá ser de IP33 como mínimo, para instalación interior. Para instalación exterior, el grado de protección deberá ser de IP44 como mínimo, verificable de acuerdo a lo contemplado en la NTC 3279 donde sea aplicable.

• **Rotulado**

- ✓ En la parte frontal del armario se deberá remachar una placa de un material resistente como plástico, acrílico o metal, con la siguiente información en letras cuya altura mínima será de 3 mm:
 - Nombre o logotipo del fabricante, dirección y ciudad.
 - Número de serie de fabricación.
 - Fecha de fabricación.
 - Tensión nominal del barraje.
 - Corriente máxima del barraje.
 - Cualquier otra información que permita una mejor identificación del producto.

2.4.3 Toma de muestras y ensayos

La tabla 4 describe las pruebas de ensayo y la toma de muestras a realizar en armarios de medida concentrada y las normas asociadas.

| Toma de muestras | Ensayos | |
|--|---------------------------|---|
| La toma de muestras se realizara previo acuerdo entre el comprador y el fabricante | Ensayo de adherencia | Se debe realizar de acuerdo a la NTC 811 método de la cuadrícula. |
| | Ensayo de cámara salida | 120 h mínimo de acuerdo a NTC 1156, en aplicaciones especiales acuerdo entre el comprador y fabricante. |
| | Verificación de la dureza | Se realiza de acuerdo a la |

| | | |
|--|--|--|
| | de la pintura | NTC 912 |
| | Verificación del espesor de la pintura | Se debe realizar con un medidor de capas de recubrimientos orgánicos debidamente contrastado |
| | Verificación del grado de protección | Según lo contemplado en la NTC 3279 donde sea aplicable. |

Tabla 4. Pruebas de ensayo y toma de muestras en armarios para instalación de medidores de energía eléctrica[28].

2.5 Requisitos técnicos generales de armarios de medida concentrada

Los sistemas de medida centralizada, constan de armarios o cajas con unidades de medida agrupados o concentrados. Este tipo de instalaciones de medida adicional a lo exigido para un medidor monocuerpo, según la norma 6079 requisitos para sistemas de infraestructura de medición avanzada en redes de distribución de energía eléctrica deben cumplir con los siguientes requisitos [4]:

- ✓ Las conexiones a las unidades de medida deben estar debidamente protegidos, tanto eléctrica como mecánicamente
- ✓ Debe suspender el suministro al detectar manipulación indebida, acceso no autorizado y alertas con propósitos de seguridad y de proteger los equipos de medida.
- ✓ La caja puede contener, adicional a las unidades de medida, dispositivos de corte, concentradores o puertos de enlace y equipos de comunicación.
- ✓ Las cajas deben contar con sistemas aptos para instalación en ubicaciones tipo poste o en cualquiera de las condiciones técnicas utilizadas.
- ✓ La caja debe contemplar los niveles de protección IP de acuerdo con las condiciones ambientales a las que sean expuestas.
- ✓ La caja debe permitir la realización de pruebas de rutina a las unidades de medida en sitio.
- ✓ Debe garantizar la comunicación entre la unidad de medida y el sistema de gestión y operación.
- ✓ Los datos comunicados por la unidad concentradora deben poderse recuperar a través de los mecanismos de operación y mantenimiento local.
- ✓ Debe tener interfaces de entrada/salida para acceso local en funciones de operación y mantenimiento.
- ✓ La conectividad local no debe afectar la conectividad remota y el acceso a la unidad concentradora debe contar con mecanismos de seguridad de datos y mecanismos de protección contra accesos no autorizados.
- ✓ Toda actualización de firmware debe ser validada y generar un evento de actualización y verificación exitosa.

- ✓ Las actualizaciones de firmware no deben dar lugar a la modificación o supresión de los datos de medición, parámetros de configuración o parámetros operativos del equipo.
- ✓ La unidad concentradora debe detectar y reportar información de registro y eventos propios de la unidad concentradora.

La unidad concentradora debe proporcionar funcionalidad para:

- ✓ Almacenar durante un periodo de tiempo la información de lecturas y eventos de todas las unidades de medida asociadas a este, si aplica.
- ✓ Enviar la información almacenada de todos los medidores de energía al sistema de gestión y operación ya sea a petición del software o por iniciativa del concentrador después del restablecimiento de la comunicación, si aplica.

Los requisitos eléctricos y mecánicos, así como los técnicos generales presentados anteriormente están asociados a la normatividad vigente para sistemas de infraestructura de medición avanzada, pero existen algunos requisitos o elementos que no están contemplados en la normatividad, por tal razón los OR pueden establecer otros requisitos adicionales de acuerdo a sus políticas internas para armarios de medida concentrada, debido a que uno de los objetivos del presente trabajo es validar los diseños por medio de una representación 3D del sistema de medida concentrada, para la infraestructura de medición avanzada diseñada, en una topología de una red de distribución residencial en la ciudad de Popayán se tendrán en cuenta los requisitos que el OR (Compañía Energética de Occidente CEC) propone para la implementación de sistemas de medición avanzada.

2.6 Requisitos para armarios de medida concentrada de acuerdo al operador de red

De acuerdo a las disposiciones del OR los armarios de medida concentrada deben estar conformados por módulos de medición (medidores), un interruptor termo magnético, conectores de salida para usuarios, relés, y fuente de alimentación. Cada armario es alimentado por una acometida a un barraje de llegada y cada armario permite la conexión de una acometida a un barraje interno, y desde allí a cada módulo de medición (medidor) electrónico para la cuantificación de cada suministro. En cada módulo se podrá medir, conectar y desconectar remotamente de la red de baja tensión los usuarios asociados y de éste módulo se derivan los alimentadores de los suministros que distribuyen la energía [3].

El OR establece lineamientos para armarios de uso general como para armarios de medida centralizada, de acuerdo al lugar de instalación y al tipo de edificación se presentan los siguientes requisitos:

2.6.1 Instalación en exterior, red aérea

Si el sistema de medición centralizada, se hace en el exterior con red secundaria aérea, los módulos de medida estarán en una caja de ocho (8) o doce (12) medidores monofásicos, con capacidad para incluir el concentrador y los equipos de comunicación. La instalación de estas cajas será en armario o tablero cuando se haga en local o a nivel de piso en el exterior. El acceso a estas cajas es exclusivo del personal de LA COMPAÑÍA debidamente autorizado, con un sistema de seguridad que al momento de abrir la caja, debe generar una alarma y desenergizar la totalidad de los usuarios, si es hecho por personal no programado y autorizado.

Cada cliente tendrá su elemento visualizador en el exterior de su predio o dentro del predio, según la autorización de la COMPAÑÍA y/o el cliente. Cuando se utilice el sistema prepago, el visualizador estará preferencialmente dentro del predio del usuario[3].

2.6.2 Edificaciones multifamiliares o multicomerciales

Se establecen requisitos para edificaciones de propiedad horizontal como es el caso de torres de apartamentos o edificaciones destinadas a uso comercial, los cuales arquitectónicamente cuentan con un espacio para alojar los armarios de medida centralizada con ubicación a nivel de piso, estos pueden contener un solo concentrador de módulo de medida y distribución o más de uno, a continuación se presentan los requisitos.

- **Armario con un solo concentrador de módulo de medida y distribución**
 - ✓ El armario contará con dos compartimientos o espacios debidamente separados y con puertas de acceso independiente.
 - ✓ En el primer espacio se instalará el concentrador de módulo de medida y distribución.
 - ✓ Este concentrador debe tener un totalizador, el cual protege el barraje de alimentación de los medidores electrónicos.
 - ✓ Este espacio debe garantizar mediante la instalación de sellos en las puertas, la no intrusión o manipulación del conductor de alimentación de la caja de medidores, (ducto exclusivo para la acometida).
 - ✓ El acceso a este compartimiento es exclusivo del personal de LA COMPAÑÍA debidamente autorizado, con un sistema de seguridad que al momento de abrir el compartimiento debe generar una alarma y desenergizar la totalidad de los usuarios, si es hecho por personal no autorizado.
 - ✓ El barraje de neutro debe venir incluido en el concentrador de módulos de medida.
 - ✓ En el segundo espacio, se hará la instalación de los interruptores automáticos que sirve de protección de la acometida de cada usuario.
 - ✓ Los interruptores se montarán en este compartimiento sobre un soporte metálico que permita su correcta fijación. A éste compartimiento podrán tener acceso los usuarios.

- ✓ Todos los cables de alimentación de los clientes deben ser ubicados en ductos o canaletas para ordenar y asegurar que no haya intrusión sin autorización.
- ✓ Los armarios deben tener instalado un barraje de tierra, de la capacidad suficiente para soportar fallas a tierra y permitir la conexión de los hilos de tierra del sistema eléctrico y los de cada uno de los usuarios alimentados.

- **Armario con más de un concentrador de módulo de medida y distribución**

El armario estará constituido por tres compartimientos o espacios separados y con puertas de acceso independiente. Estos compartimientos son:

- Compartimiento totalizador y barrajes.
 - Compartimiento de medidores electrónicos.
 - Compartimiento de interruptores automáticos para protección del alimentador del cliente o usuario.
- ✓ Debe cumplir con lo especificado en armarios metálicos normales, con referencia a armarios para medida directa, estos armarios deberán estar diseñados con tres espacios totalmente independientes, un espacio para el ingreso de la acometida, la protección general y barraje; otro espacio para los medidores y un espacio para las protecciones y las salidas de los alimentadores a cada unidad individual de vivienda o de comercio. Además Se debe tener dentro de los armarios un espacio suficiente para alojar el macro medidor y los TC, si la instalación es en baja tensión. Los armarios se diseñarán para ser instalados sobrepuestos, sobre una base de concreto, de mínimo 50 cm de altura y los armarios a utilizar deberán ser aprobados por la COMPAÑÍA, previo a su instalación y deberán cumplir todos los requisitos de seguridad en la medida.

Cada compartimiento debe cumplir con los requisitos definido a continuación:

- **Compartimiento totalizador y barrajes.**

- ✓ La protección general y el barraje estarán ubicados en el mismo compartimiento o módulo, garantizando que su acceso sea independiente.
- ✓ Solo personal autorizado de la COMPAÑÍA podrá tener acceso al compartimiento donde se aloje el interruptor general, y en él ira instalado el barraje que deberá contar con una lámina de policarbonato o acrílico para

evitar contactos directos o indirectos con las partes conductoras. El compartimiento también deberá contar con dispositivo porta sellos.

- ✓ Como lo indica la Norma NTC 2050 sección 310-12 literal c, las barras conductoras deberán estar identificadas con pintura, cinta o adhesivos de color. Los colores se seleccionan de acuerdo a la tabla 6.5 del RETIE y las fases no podrán ser de blanco, gris natural o verde.
- ✓ Podrán instalarse bloques de distribución en reemplazo de los barrajes como alternativa. La puerta de este compartimiento tendrá dos bisagras, una cerradura agarradera, portacandado y dos dispositivos para instalación de sellos de seguridad de la COMPAÑÍA.
- ✓ Sobre esta puerta irá remachada una placa de acrílico, con la siguiente inscripción en letras de 8 mm de altura indelebles.

**INTERRUPTOR Y BARRAJE
USO EXCLUSIVO DE LA COMPAÑÍA ENERGÉTICA DE OCCIDENTE S.A.S.
E.S.P.**

- ✓ En la misma puerta se remachará otra placa característica (con tamaño de letra de 3mm como mínimo) y con la siguiente información: Capacidad de corriente del barraje en amperios, tensión de servicio, número de fases, número de servicios (capacidad total del armario), nombre del fabricante, número de serie de fabricación, dirección de la fábrica o cualquier otra especificación que permita la identificación de la COMPAÑÍA responsable por el producto y fecha de fabricación de acuerdo con RETIE, Norma NTC 2050 secciones 110-21/384-13.
- ✓ Para evitar que el cliente tenga que abrir la puerta del compartimiento en caso de fallas o desenergización total, el compartimiento tendrá una ventana exclusiva para operar el interruptor.
- ✓ Los barrajes se identificarán con el siguiente código de colores, en uno de sus extremos visibles:
 - ❖ Fase A – Amarillo.
 - ❖ Fase B – Azul.
 - ❖ Fase C – Rojo.
 - ❖ Neutro – Blanco o gris natural.
 - ❖ Tierra – Verde
- ✓ Para la selección del totalizador se debe tener en cuenta, la máxima capacidad de corriente que soporta el cable del conductor y la máxima corriente que soporta el barraje del tablero.

- **Compartimiento de medidores electrónicos.**

- ✓ Sobre las bandejas, se instalarán la cantidad de concentradores de módulos de medida de acuerdo con la cantidad de servicios requeridos. En ningún caso se aceptarán bandejas soldadas al cuerpo del armario. Todas las bandejas deberán estar sujetas con tornillos.
- ✓ El acceso a este compartimiento es exclusivo del personal de LA COMPAÑÍA debidamente autorizado, con un sistema de seguridad que al momento de abrir el compartimiento o el concentrador de módulos de medida genere una alarma y desenergice al total de los usuarios, si es hecho por personal no autorizado.
- ✓ Para facilitar la labor de inspección de las instalaciones, cada módulo de medida deberá ir plenamente identificado con los datos del servicio (apartamento, local, entre otros) puede ser en etiqueta adhesiva autolaminable o cinta en relieve adhesiva. El cableado de los medidores deberá quedar a la vista, y el cableado que sale de los medidores podrá ir por detrás de los mismos.
- ✓ La puerta de este compartimiento tendrá dos bisagras como mínimo, agarradera, portacandado, una cerradura (No se admitirán cerraduras de guardas) y dispositivos para la instalación de sellos de la COMPAÑÍA.
- ✓ Sobre esta puerta irá remachada una placa de similares características a las descritas anteriormente.
- ✓ Los medidores en armarios deben cumplir con unas dimensiones máximas de espacio entre ellos. Ver figura 11.

- **Compartimiento de interruptores automáticos**

- ✓ A cada alimentador de usuario, se le instalará un interruptor automático según la carga contratada. Estos interruptores cumplen las funciones de protección y corte del circuito. Se montarán en este compartimiento sobre bandejas metálicas removibles.
- ✓ Este compartimiento podrá tener una o dos bandejas y los usuarios tendrán acceso.
- ✓ El tablero debe tener barraje de tierra y estará ubicado en éste compartimiento.
- ✓ La puerta de este espacio tendrá dos bisagras, portacandado, agarradera y una cerradura. Sobre esta puerta irá remachada una placa de similares características a la descrita anteriormente.

El diagrama esquemático del tablero para medida centralizada con las especificaciones antes mencionadas se presenta en la figura 12.

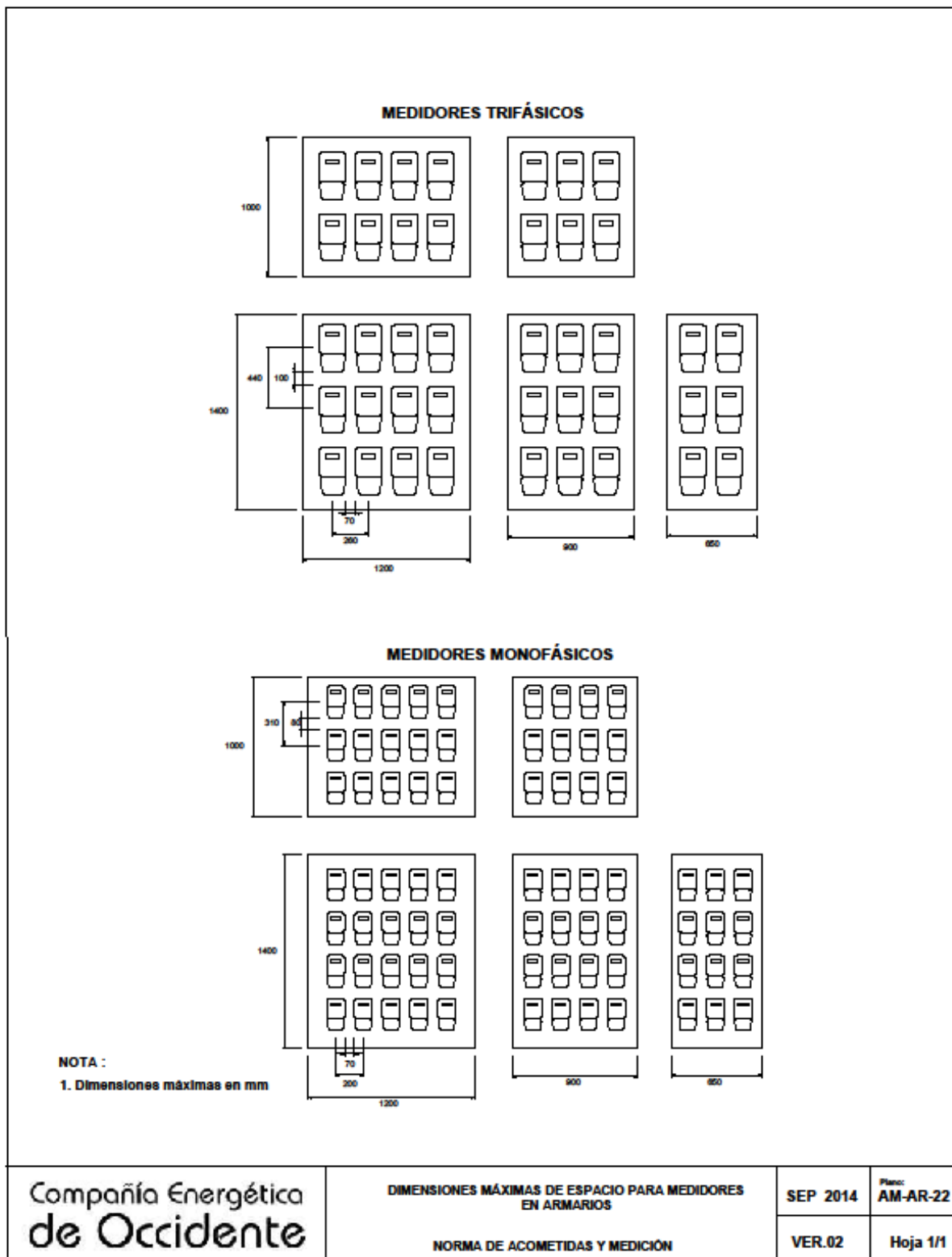


Figura 11. Dimensiones máximas de espacio para medidores en armarios[3].

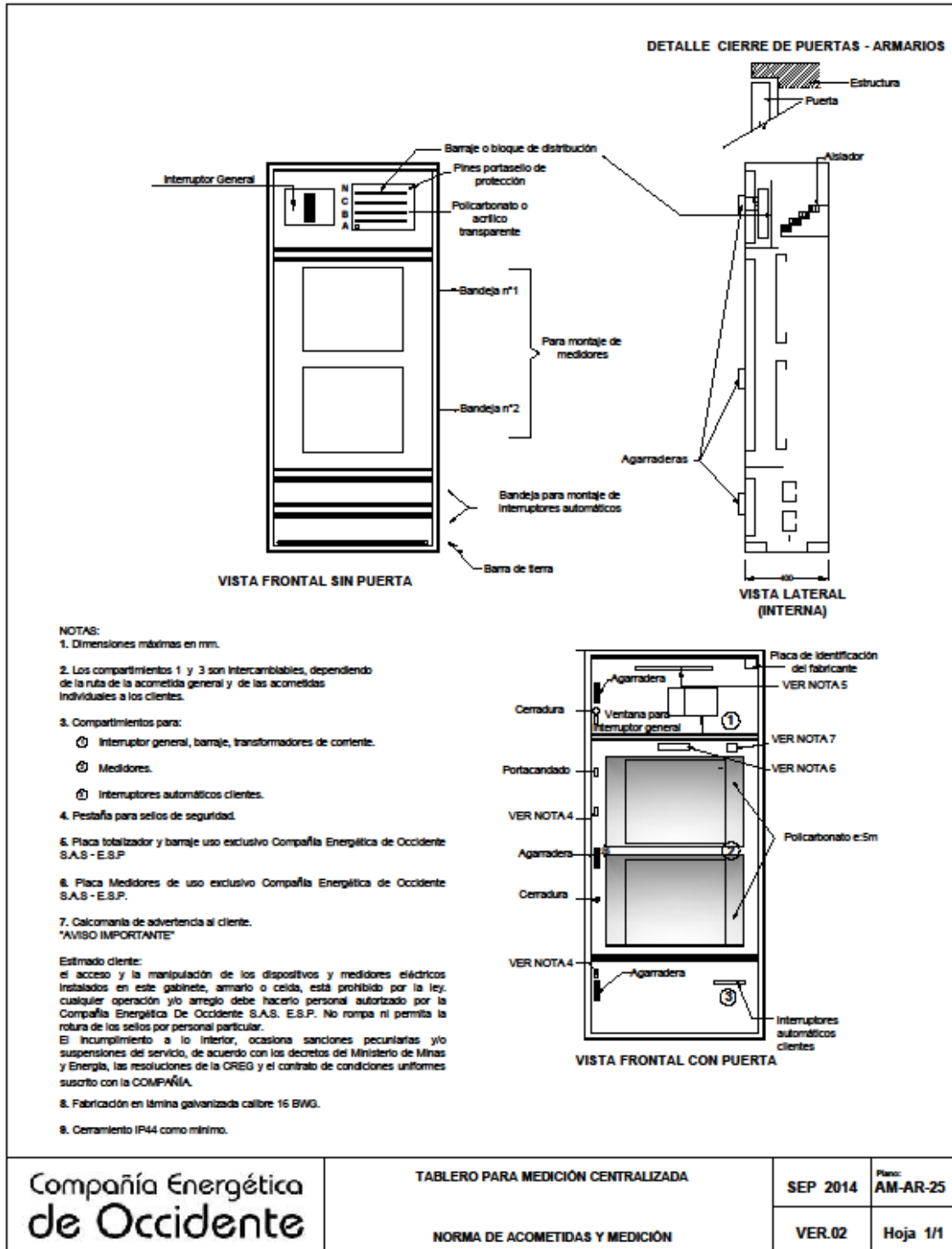


Figura 12. Armario para medición centralizada[3].

De acuerdo a la normatividad abordada en este trabajo de investigación los requisitos eléctricos se pueden dividir en tres categorías los cuales aplican de acuerdo al alcance del presente trabajo.

1. Elementos conductores y protecciones.
2. Puesta a tierra.
3. Cableado.

Los requisitos mecánicos de acuerdo a la normatividad plantean: pruebas de ensayo, requisitos de adherencia, espesor, dureza y acabado para la pintura de acuerdo al alcance del proyecto estos requisitos no aplican en el presente trabajo, los requisitos que aplican se establecen en las siguientes categorías:

1. Materiales.
2. Localización e instalación.
3. Espacios libres.
4. Estructura.
5. Compartimientos.
6. Puertas.
7. Dimensiones.
8. Grado de protección.

Las tablas 5 y 6 resumen los requisitos eléctricos y mecánicos para armarios de medida concentrada de acuerdo a la normatividad vigente.

La tabla 7 resume los requisitos técnicos generales y la tabla 8 resume los requisitos de acuerdo al operador de red.

Actualmente la normatividad vigente en Colombia para sistemas de medida centralizada no define los requisitos en cuanto a las dimensiones, la localización, ubicación de elementos dentro del armario, aspectos de seguridad por maniobras, entre otros, que deben cumplir los armarios de medida concentrada cuando el montaje de estos se realiza en postes de distribución de energía. Sin embargo para el capítulo tres se realizarán una serie de aportes para tratar de dar solución a estas falencias presentadas en la normatividad, y que son una necesidad debido a que el montaje de los armarios de medida concentrada del proyecto VRI 4249 se realizará en postes de distribución.

| Requisitos eléctricos armarios de medida concentrada | | |
|--|--|--|
| Elementos conductores y protecciones | Puesta a tierra | Cableado |
| Los interruptores automáticos cumplen con la capacidad de corto circuito. | Cumple el régimen de conexión a tierra. | Cumple con el Aislamiento THW mínimo. |
| Existen Medios de desconexión de usuario. | El Barraje de conexión a tierra cumple con la corriente de corto circuito. | Cumple con el Radio mínimo de curvatura |
| Cumple con la corriente de carga y la corriente de cortocircuito del barraje. | El chasis del armario se encuentra aterrizado. | Tiene identificación de conductores de fase. |
| La ubicación del barraje facilita su inspección y mantenimiento. | Tiene terminal de conexión entre barrajes neutro y tierra al electrodo de puesta a tierra. | Tiene identificación de fases de entrada y salida. |
| El material de construcción del barraje es el adecuado. | El armario tiene una perforación con diámetro igual a $\frac{3}{4}$ ", para el paso del conductor que conecta al electrodo de puesta a tierra. | Cumple con el Código de colores según NTC 2050. |
| Cumple con la identificación de fases y separación mínima de acuerdo a NTC 2050. | | |
| La ubicación del barraje es de forma escalonada. | | |
| Es apropiada la derivación del barraje. | | |
| Cuenta con aisladores de soporte del barraje 2.2 kV. | | |
| Tiene Protección de barraje frente a contactos por maniobras. | | |
| El barraje neutro cumple con la capacidad de corriente. | | |

Tabla 5. Resumen requisitos eléctricos armarios de medida concentrada de acuerdo a la NTC 3444[28].

| Requisitos mecánicos armarios de medida concentrada | | |
|---|--|---|
| Materiales | Localización e instalación | Espacios libres |
| El material de fabricación del armario cumple con el calibre adecuado. | Es correcta la ubicación del armario de MC. | La separación de los elementos internos cumple con lo establecido en la NTC 2050. |
| El armario es rígido e indeformable. | Se dispone de un espacio libre para la apertura de las puertas. | |
| Los elementos de sujeción interna tienen recubrimiento contra la corrosión. | La base del armario cumple con la altura mínima respecto del nivel de piso. | |
| El material de fabricación de las puertas cumple con el calibre adecuado. | Tienen las cuentas identificadas de acuerdo a la NTC 2050. | |
| El calibre del vidrio o acrílico cumple con el espesor mínimo. | | |
| Estructura | Compartimientos | Puertas |
| La estructura es autoportada e indeformable. | Cumple con el número de compartimientos el interior del armario. | Cumple con el número de puertas de acuerdo a la cantidad de cuentas. |
| Los elementos estructurales cumplen con los requisitos. | La lámina de separación de los compartimientos cumple con el calibre adecuado. | Las puertas de cada compartimiento cumplen con el número de bisagras, la identificación, manijas, cerraduras y portasellos. |
| La soldadura de unión de perfiles está libre de porosidades. | La tornillería de fijación cumple con el requisito establecido. | Las puertas de los compartimientos cuentan con ventanas de inspección donde sean requeridas. |
| Es acorde la fijación del totalizador. | Cumple con la identificación de medidores. | |

Tabla 6. Resumen requisitos mecánicos armarios de medida concentrada de acuerdo a la NTC 3444[28].

| Requisitos mecánicos armarios de medida concentrada (continuación) | |
|--|---|
| Dimensiones | Grado de protección |
| Cumple con la altura permitida. | Cumple con el grado mínimo de protección IP para interior y exterior. |
| La instalación de medidores cumple con la separación entre ellos y separación entre las paredes laterales del armario. | |
| Cumple con el número de medidores por cada ancho de puerta. | |
| Cumple con la profundidad requerida. | |

Tabla 6. Resumen requisitos mecánicos armarios de medida concentrada de acuerdo a la NTC 3444[28].

| Requisitos técnicos generales armarios de medida concentrada | | |
|---|---|--|
| Las conexiones a los medidores cumplen con protección tanto mecánica como eléctricamente. | El armario puede alojar dispositivos de control y telecomunicaciones además de los medidores. | Garantiza la comunicación entre la unidad de medida y el sistema de gestión y operación. |
| Cumple con los requisitos en caso de manipulación indebida. | Permite la realización de pruebas de rutina a las unidades de medida en sitio. | Cuenta con mecanismos de seguridad de datos y protección contra accesos no autorizados. |

Tabla 7. Resumen requisitos técnicos generales armarios de medida concentrada de acuerdo a la NTC 6079[4].

| Requisitos armarios de medida concentrada de acuerdo al operador de red. | | |
|--|---|---|
| Un solo concentrador de módulos de medida y distribución. | | |
| Cuenta con dos compartimientos separados y puertas de acceso independiente. | Cumple con la instalación adecuada del barraje neutro. | Cuenta con un barraje de puesta a tierra adecuado para soportar fallas a tierra y permita la conexión de los hilos de tierra del sistema eléctrico y los de los usuarios alimentados. |
| El primer compartimiento cuenta con un totalizador y el concentrador de módulos de medida y distribución. | Los interruptores automáticos están instalados en el segundo compartimiento. | |
| Cuenta con sistema de seguridad para accesos indebidos. | Los cables de alimentación de usuarios cumplen con el requisito de instalación. | |
| Más de un concentrador de módulos de medida y distribución. | | |
| El armario debe estar constituido por tres compartimientos o espacios separados y con puertas de acceso independiente | | |
| Compartimiento totalizador y barrajes | Compartimiento de módulos de medida. | Compartimiento interruptores automáticos |
| Cuenta con acceso independiente. | Las bandejas para módulos de medida Cumplen con la fijación adecuada. | Cada usuario cuenta con respectivo interruptor automático de acuerdo a las condiciones de la carga. |
| Las barras conductoras cumplen con la norma NTC 2050 sección 310-12 literal C y la tabla 6.5 del RETIE. | Cumple con los requisitos de seguridad para acceso no permitido. | Las bandejas deben cumplir con la condición de ser removibles. |
| La puerta cuenta con dos bisagras una cerradura, agarradera, portacandado y dispositivos para instalación de sellos e seguridad. | Los medidores cuentan con su respectiva identificación de datos del servicio. | Permite el acceso a los usuarios. |
| La puerta cumple con la adecuada identificación. | El cableado de los medidores cumple con los requisitos de acuerdo a su ubicación. | Cuenta con un barraje de tierra. |
| Cuenta con una ventana exclusiva para operar el interruptor. | La puerta cuenta con dos bisagras como mínimo una cerradura y dispositivos para instalación de sellos de seguridad. | La puerta de este espacio tendrá dos bisagras, portacandado, agarradera y una cerradura. |
| El totalizador cumple con los requisitos para su selección. | La puerta Cumple con la adecuada identificación. | La puerta cumple con la adecuada identificación. |

Tabla 8. Resumen requisitos armarios de medida concentrada de acuerdo al operador de red[3].

Capítulo 3

DISEÑOS ELÉCTRICOS Y MECÁNICOS DEL SISTEMA DE MEDIDA CONCENTRADA PROYECTO VRI 4249.

3.1 Diseño general del sistema AMI de medida concentrada del proyecto VRI 4249

Los comercializadores pueden determinar las pérdidas totales utilizando balances de energía. Estos balances se pueden realizar en todos los niveles de un sistema de distribución y comercialización de energía. A nivel de los transformadores de distribución, estos balances se realizan comparando la energía entregada por estos con la energía registrada por los medidores pertenecientes a su circuito de distribución. La principal dificultad para el desarrollo de estos balances de energía proviene de las asociaciones incorrectas entre transformadores y usuarios. En los operadores de red de nuestro País y en general de países en vías de desarrollo es común que no se conozca cual transformador es el que suministra energía a un determinado usuario[30].

Conscientes del problema de asociación entre transformadores y usuarios y del vacío tecnológico existente para solucionar tal problema, el Grupo de Automática Industrial de la Universidad del Cauca y la Compañía Energética de Occidente realizaron en 2013-2014 un proyecto conjunto de I+D denominado *Sistema de Amarre Automático*, el cual consistió en desarrollar una tecnología compuesta por dos tipos de dispositivos electrónicos denominados respectivamente PLC_TU y PLC_MMS. Los primeros se conectan en las bornas de los medidores de energía de los usuarios y los segundos en la salida de baja tensión de los transformadores de distribución. Una vez por día los PLC_MMS solicitan a los PLC_TU que envíen su código de identificación. El PLC_MMS registra entonces en un medio de almacenamiento no volátil la lista de códigos de identificación recibidos junto con la correspondiente fecha y hora. El intercambio de información entre los PLC_MMS y los PLC_TU se efectúa a través de una señal de 135Khz que se inyecta en las líneas de distribución de energía utilizando la tecnología *Power Line Communication*. El sistema desarrollado garantiza así una actualización constante de las asociaciones entre usuarios y transformadores lo que potencia la correcta realización de balances de energía en transformadores de distribución[30].

El proyecto VRI 4249 busca complementar el sistema de asociación usuario-transformador descrito anteriormente con miras a lograr un prototipo de infraestructura de medición capaz de efectuar, además de la asociación usuario-transformador, balances de energía de manera automática en un nuevo sistema que se denomina AMI-SAA.

La Figura 13 presenta un diagrama de bloques del sistema AMI-SAA propuesto para un piloto de tres transformadores. Cada transformador tiene asociado un sistema principal de monitoreo PLC_MMS que se encarga de entregar una vez por día: (i) la lista de medidores que enviaron su código de identificación, (ii) el valor del consumo de energía registrado por

cada uno de los medidores y (iii) el valor del consumo de energía registrado por el macromedidor. Cada PLC_MMS se comunica vía GPRS a través de un módem con servicio de datos al aplicativo MDC (Meter Data Collector) o colector de datos de medidor que guarda la información en una base de datos. Finalmente, a través de una conexión a internet un usuario del sistema empleando terminales TU-1 (computador de escritorio) o un TU-Wireless (TU-2, dispositivo móvil) puede acceder al sistema y enviar órdenes o peticiones a los PLC_MMS para que efectúen por ejemplo consultas individuales sobre el estado de asociación de un usuario a su respectivo transformador, entre muchas otras funcionalidades [30].

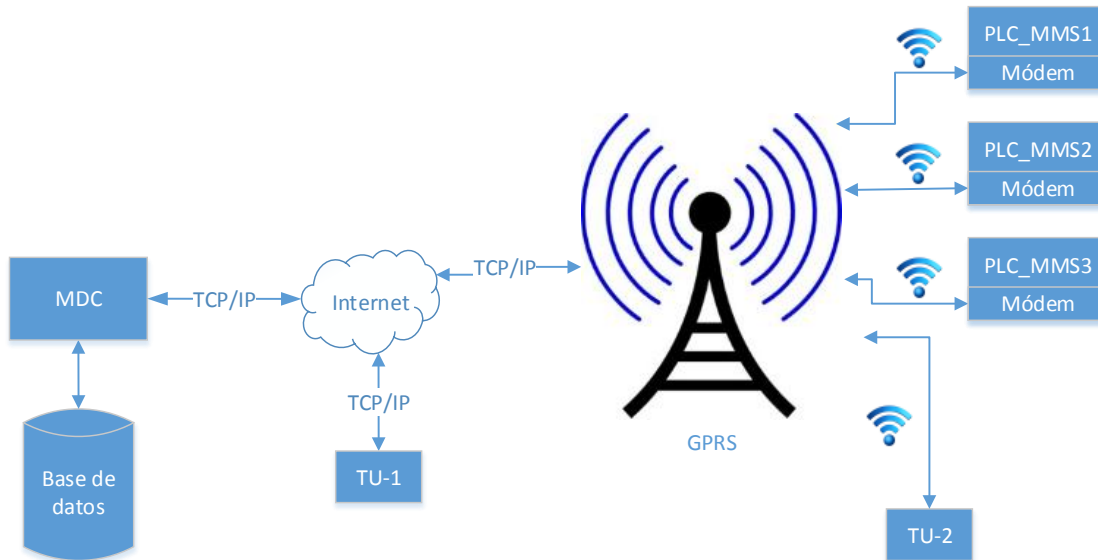


Figura 13. Componentes del sistema de medición remota y de balances de energía para transformadores de distribución, nivel PLC_MMS – MDC[30].

Dónde:

PLC_MMS: Sistema Principal de Monitoreo.

MDC: Colector de datos de medidor.

TU-1: Terminal (computador de escritorio) con acceso a la aplicación MDC.

TU-2: (TU_Wireless) terminal inteligente con plan de datos para acceso a la aplicación MDC.

Un diagrama de bloques del sistema AMI-SAA propuesto para un único transformado se presenta en la Figura 14. En este se aprecia que además de los equipos de medición normalmente instalados en la red de distribución de un transformador: macromedidor y medidores de los clientes, se adicionan una serie de equipos propios de AMI-SAA: un PLC_MMS que se comunica con el macromedidor y un PLC_TU que se comunica con un medidor de usuario. Si el transformador tiene N medidores de usuario se deben instalar N

unidades tipo PLC_TU. El PLC_MMS y los N PLC_TU conectados a la red de distribución integran una red de comunicación vía PLC.

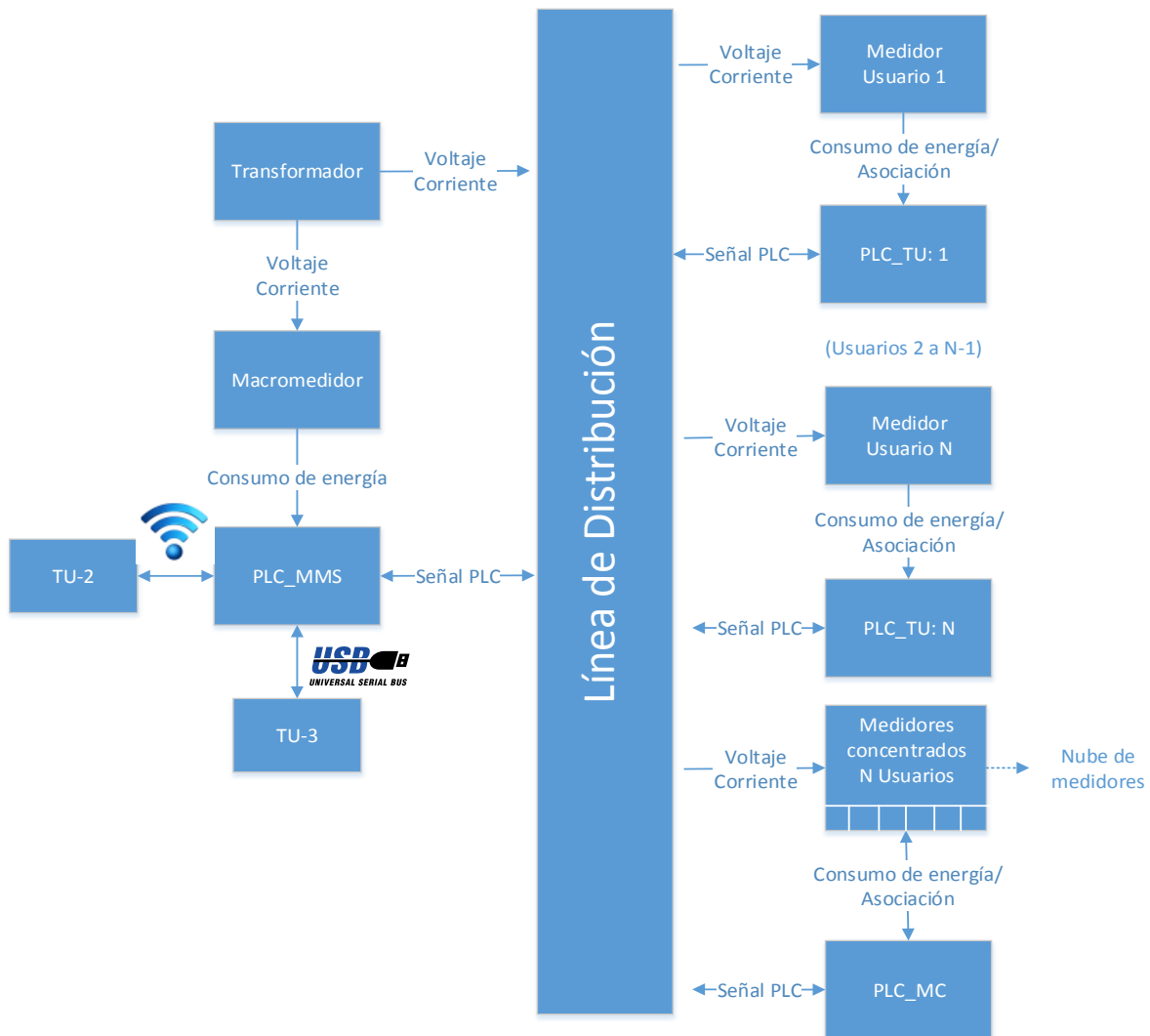


Figura 14. Componentes del sistema de medición remota y de balances de energía para un transformador de distribución nivel PLC_TU – PLC_MMS[30].

Donde:

PLC_MMS: Sistema de Monitoreo Principal

PLC_TU: Unidades nodo de cliente.

PLC_MC: Unidad nodo de cliente de medida concentrada.

TU-3: Unidad para configuración de parámetros del PLC_MMS vía USB en etapa de alistamiento.

3.2 Diseño eléctrico y mecánico de componentes armario de medida concentrada del proyecto VRI 4249.

La norma NTC 6079 establece en Colombia los requisitos mínimos para sistemas de infraestructura de medición avanzada en redes de distribución, si bien es una norma que incorpora aspectos acordes al avance tecnológico en términos del software, de la protección de la información, de los sistemas de comunicación, presenta falencias en cuanto a los componentes físicos, como un caso particular no se tiene en cuenta los requisitos y especificaciones para el montaje de armarios de medidores en postes de distribución. Debido al desarrollo de componentes electrónicos que son cada vez más eficientes y su tamaño más reducido, hace que, para el caso de los medidores no sean tan robustos y que algunas de sus funciones como la visualización del consumo en sitio por parte del usuario puedan ser reemplazados por dispositivos que pueden conectarse a la red, o aplicaciones móviles, por lo que es imperativo realizar un ajuste en la normatividad actual.

Por lo tanto en este capítulo se presentaran aspectos de diseño de los componentes eléctricos y mecánicos que no están contemplados en la normatividad, en cuanto a la instalación en postes, estos aspectos surgieron a través de entrevistas, experiencias aportadas por el operador de red, consultadas en catálogos de fabricantes, en conferencias realizadas por el ICONTEC en sistemas AMI.

De acuerdo con el dialogo realizado con el ingeniero Jairo Miguel Vergara miembro del comité 144 de medidores de energía, en la primera actualización de la norma NTC 6079 que saldrá en el segundo semestre de 2018 se contemplaran aspectos en cuanto a la instalación de armarios de medida concentrada en postes de distribución.

3.3 Diseño de componentes eléctricos armario medida concentrada

De acuerdo a la normatividad abordada en el presente trabajo, se establecieron tres categorías para el caso de los requisitos eléctricos para armarios de medida concentrada, de igual manera se hará referencia a estas categorías para el diseño de los componentes eléctricos.

La primera categoría que son elementos conductores y protecciones, dispone los siguientes componentes eléctricos: interruptores automáticos, barrajes de alimentación, aisladores de soporte, derivaciones de barraje. La segunda categoría puesta tierra define igualmente un barraje de tierra y terminal de conexión a tierra, puede usarse el barraje como terminal de conexión. La tercera categoría cableado establece básicamente como componente eléctrico los conductores flexibles para conexión interna.

Para el caso del medidor de acuerdo al certificado de calibración (ver anexo: certificado de calibración equipo de medición) cumple con los requisitos mencionados en el capítulo dos, por lo cual se tendrán en cuenta las dimensiones para efectos de diseño.

3.3.1 Diseño eléctrico unidad de medida

La unidad de medida corresponde a un medidor inteligente electrónico, monofásico con una tensión de operación de 120V, corriente nominal 5 A en tensión directa y máxima de 100 A, frecuencia de funcionamiento 60 Hz, conexión directa activa clase 1, Posee además un puerto de comunicación y un dispositivo de corte y reconexión incorporado. La figura 15 contiene las dimensiones y partes de la unidad de medida para el armario de medida concentra del proyecto AMI-SAA.

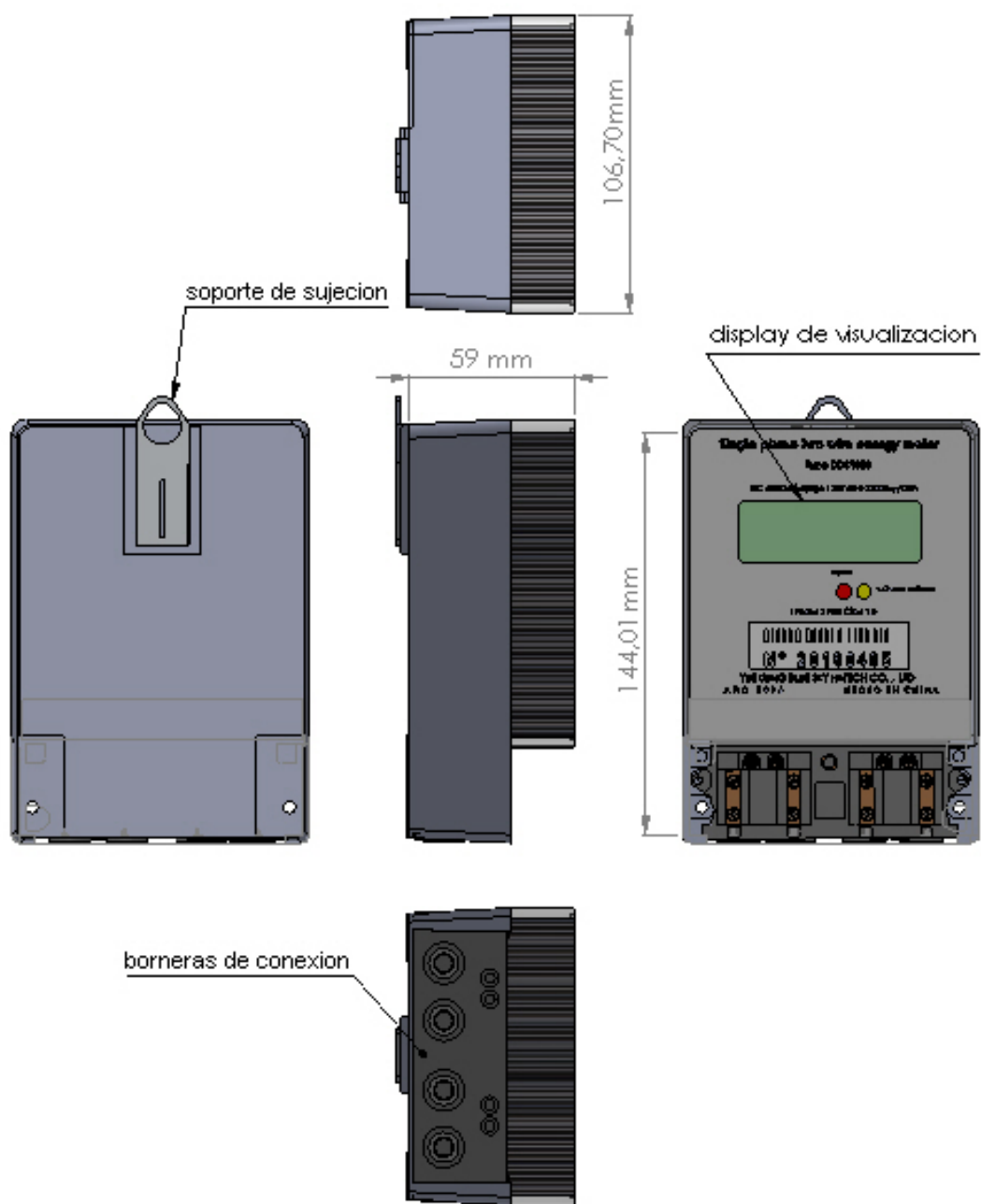


Figura 15. Unidad de medida armario MC sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

3.3.2 Diseño eléctrico elementos conductores, protecciones y cableado

- **Interruptores automáticos**

Si bien la normatividad establece que el armario debe tener un compartimiento para interruptores automáticos de los usuarios, con el fin de proteger y suspender la

alimentación a los circuitos ramales, al cual pueden tener acceso los usuarios. Para el proyecto AMI-SAA se obviarán estos interruptores en el interior del armario y se tendrá un interruptor general o totalizador que será la protección del cable alimentador y el barraje. La figura 16 representa el totalizador.

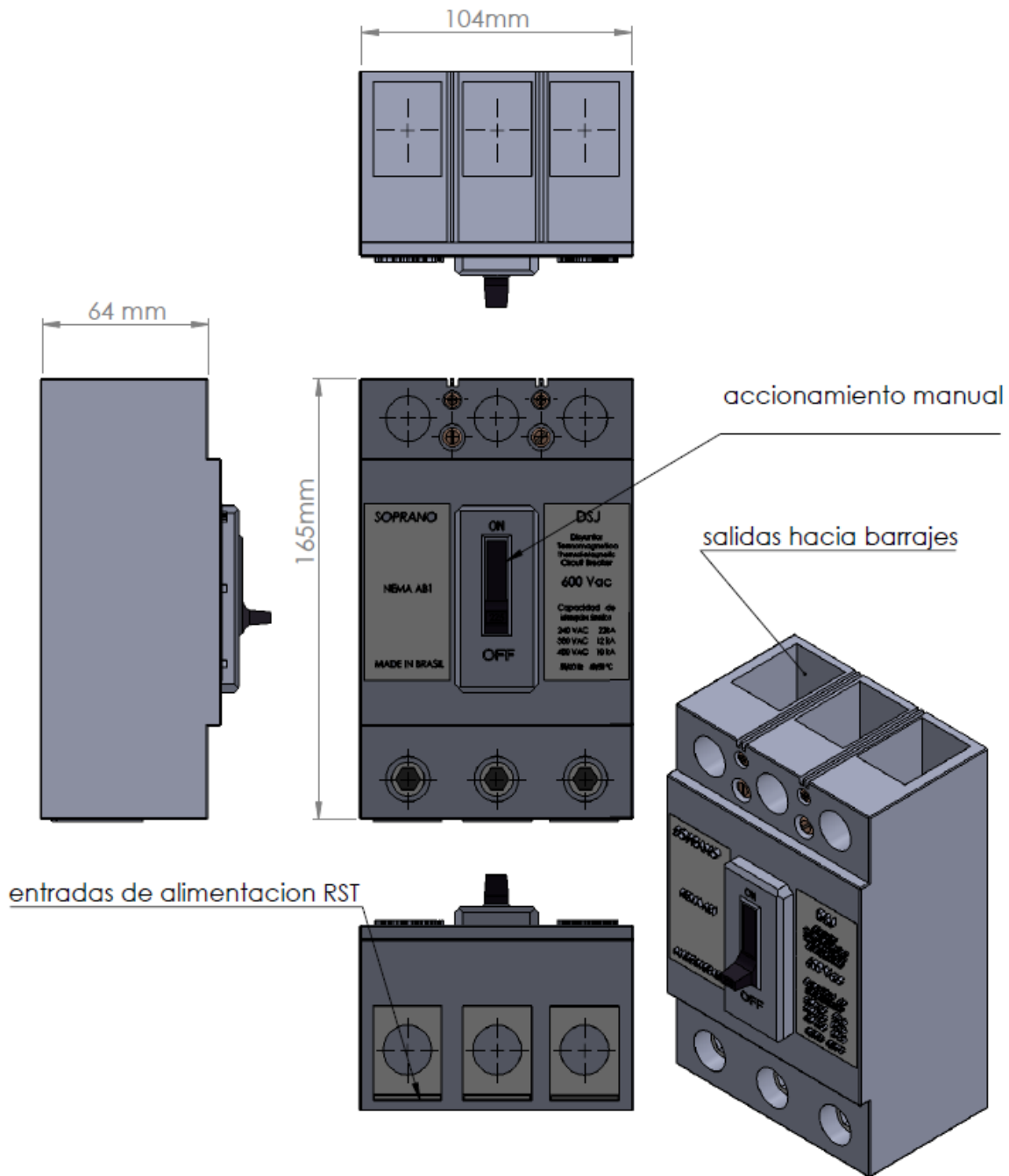


Figura 16. Totalizador armario MC sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

- **Barrajes**

Los requisitos definen barrajes para las fases y neutro estos deben ser contruidos en cobre electrolítico tetra polar, un barraje para la conexión a tierra que puede ser el mismo terminal de conexión a tierra. La figura 17 representa un barraje de cobre con sus dimensiones este puede emplearse para cada una de las fases y el neutro.



Figura 17. Barraje armario MC sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

- **Aisladores de soporte**

Los aisladores de soporte son los elementos que dan soporte a los barrajes al chasis del armario, estos no deben ser combustibles y no deben atraer agua en forma de vapor o liquido de su ambiente, además deben soportar una tensión nominal de 2.2 kV, con frecuencia de 50 Hz durante un minuto sin rompimiento del dieléctrico. La figura 18 representa el aislador de soporte para el sistema AMI-SAA.

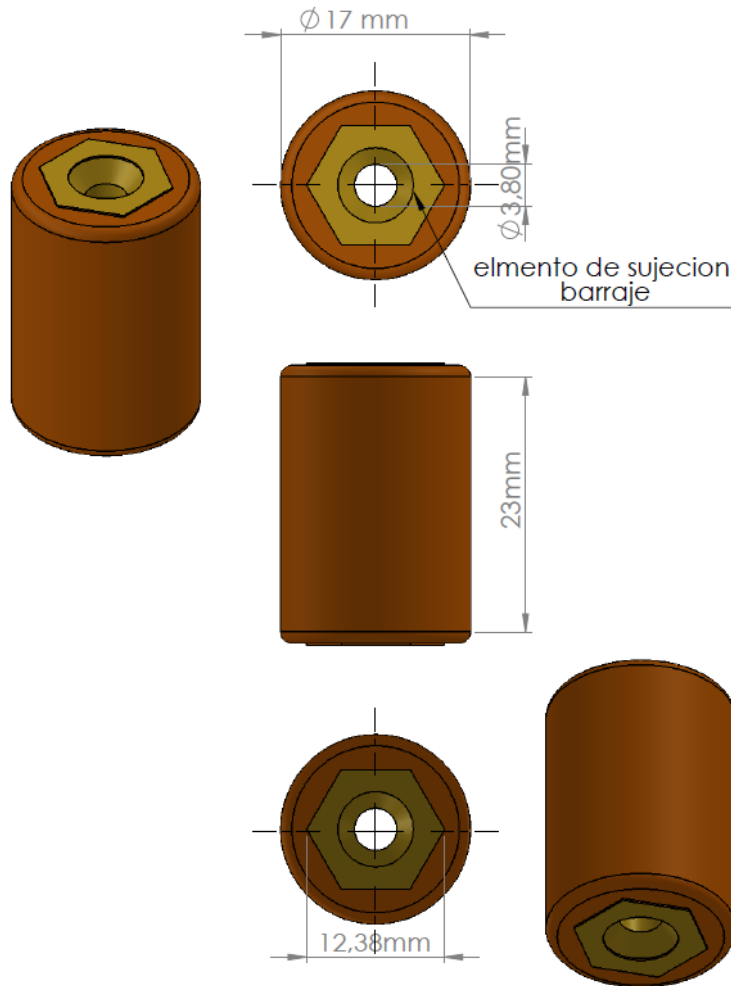
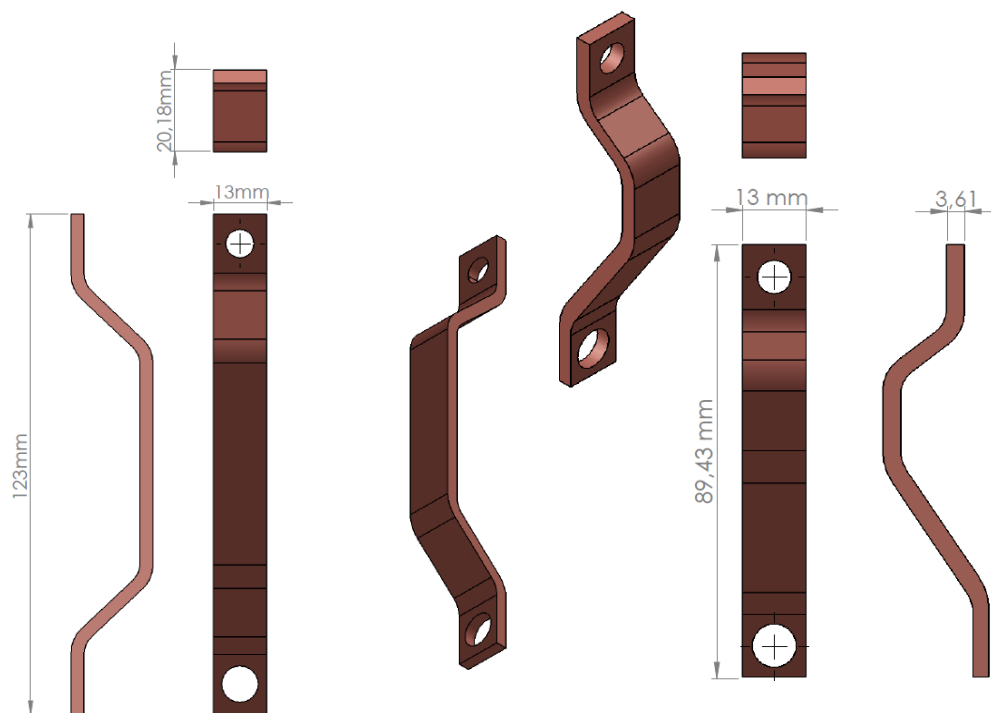


Figura 18. Aislador de soporte de barraje armario MC sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

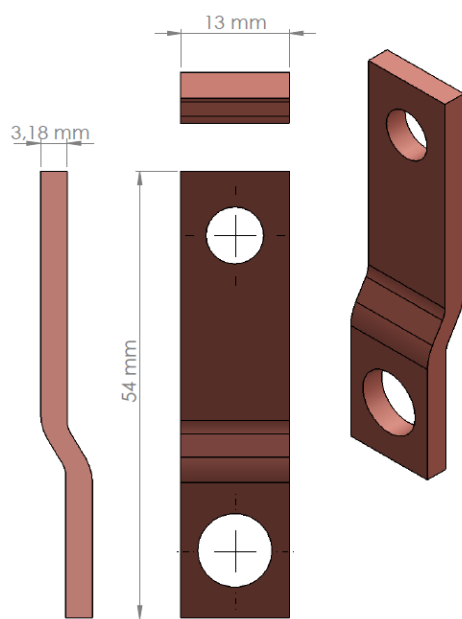
- **Derivaciones de barraje**

Las derivaciones del barraje al interior del armario se pueden hacer mediante elementos de conducción rígidos o flexibles y deben garantizar la sujeción al punto de derivación como se establece en la figura 9. Para el armario de medida concentrada del sistema AMI-SAA las derivaciones del barraje se realizarán mediante platinas de cobre que se llamarán conectores de barraje. De acuerdo a la separación entre barrajes para las tres fases se presentan tres dimensiones diferentes. Ver figura 19.



CONECTOR BARRAJE LARGO

CONECTOR DE BARRAJE MEDIO



CONECTOR DE BARRAJE CORTO

Figura 19. Conector de barrage sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

- **Conductores flexibles**

Los conductores flexibles permitirán la conexión entre el medidor y el barraje de alimentación, el conductor debe tener un terminal de presión tipo pala de cobre, si el medio conductor es cobre, si el medio conductor es aluminio el material del conector debe garantizar la perfecta conducción eléctrica en el punto de derivación. Ver figura 20.

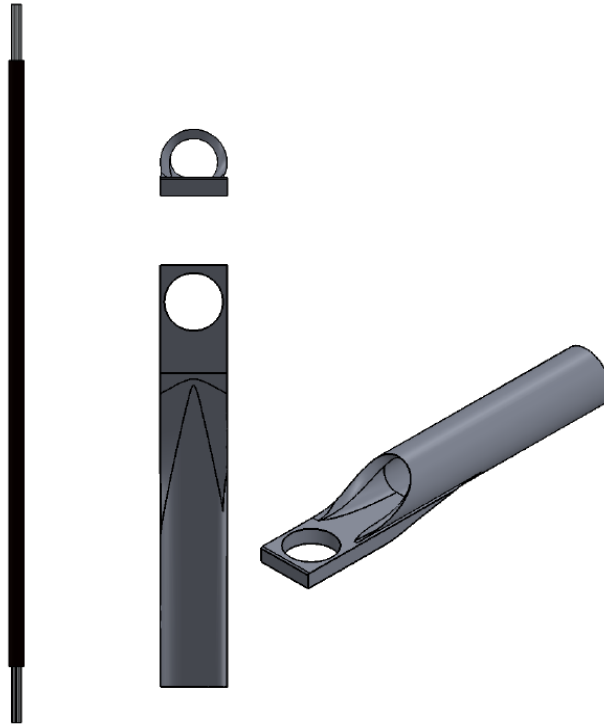


Figura 20. Conductor flexible y terminal conexión armario MC sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

3.4 Diseño de componentes mecánicos armario de medida concentrada

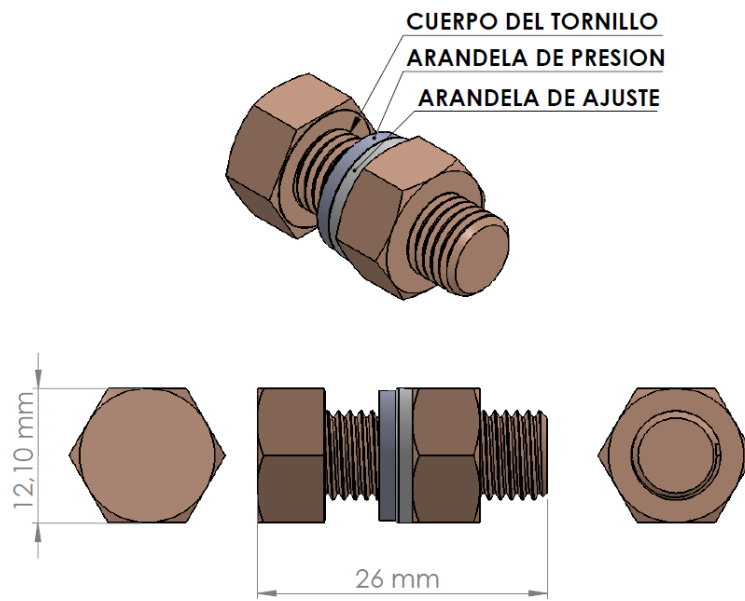
El componente mecánico principal es el cuerpo del armario donde se alojarán las unidades de medida, en el presente trabajo los requisitos están establecidos en ocho categorías, así: materiales, localización, espacios libres, estructura, compartimientos, puertas, dimensiones y grado de protección que de acuerdo a la normatividad el armario debe cumplir. El montaje del armario para el proyecto AMI-SAA debe realizarse en postes de distribución, por lo cual algunos requisitos establecidos en la normatividad de las siguientes categorías: localización, compartimientos, puertas y dimensiones no aplican ya que están definidos para montaje a nivel de piso. Por tal razón los componentes mecánicos se definirán en elementos de sujeción y soporte internos, elementos de sujeción externos y cuerpo del armario.

3.4.1 Elementos de sujeción y soportes internos

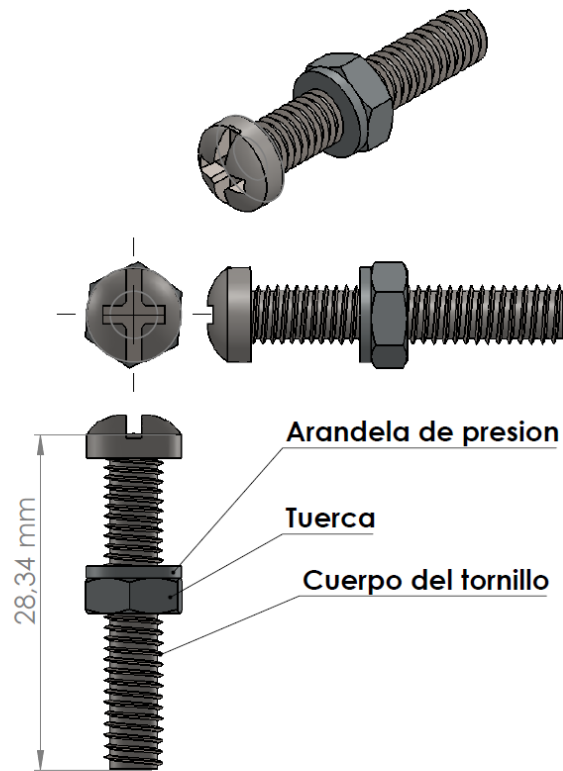
Los elementos de sujeción internos permiten la fijación de componentes eléctricos y mecánicos al interior del armario, como elemento de sujeción se emplearan tornillos, para el caso de elementos conductores el material debe garantizar la conducción eléctrica y para el caso de sujeción de elementos que den soporte mecánico, el material debe tener recubrimiento contra la corrosión. Como soportes internos se emplearan ángulos de aluminio de 1" y riel omega.

- **Elementos de sujeción**

Los tornillos para elementos conductores fijaran las derivaciones de barraje y otros elementos conectados a él, los tornillos para soporte mecánico fijaran los soportes al interior del armario. La figura 22 representa estos elementos.



TORNILLO DE SUJECION ELEMENTOS DE COBRE



TORNILLO DE SUJECION SOPORTES

Figura 21. Elementos de sujeción sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

- **Soportes internos**

Estos elementos darán soporte mecánico a los medidores, al interior del armario de medida concentrada del sistema AMI-SAA. Se emplearán ángulos de aluminio de 1" y riel omega como se muestra en la figura 23.

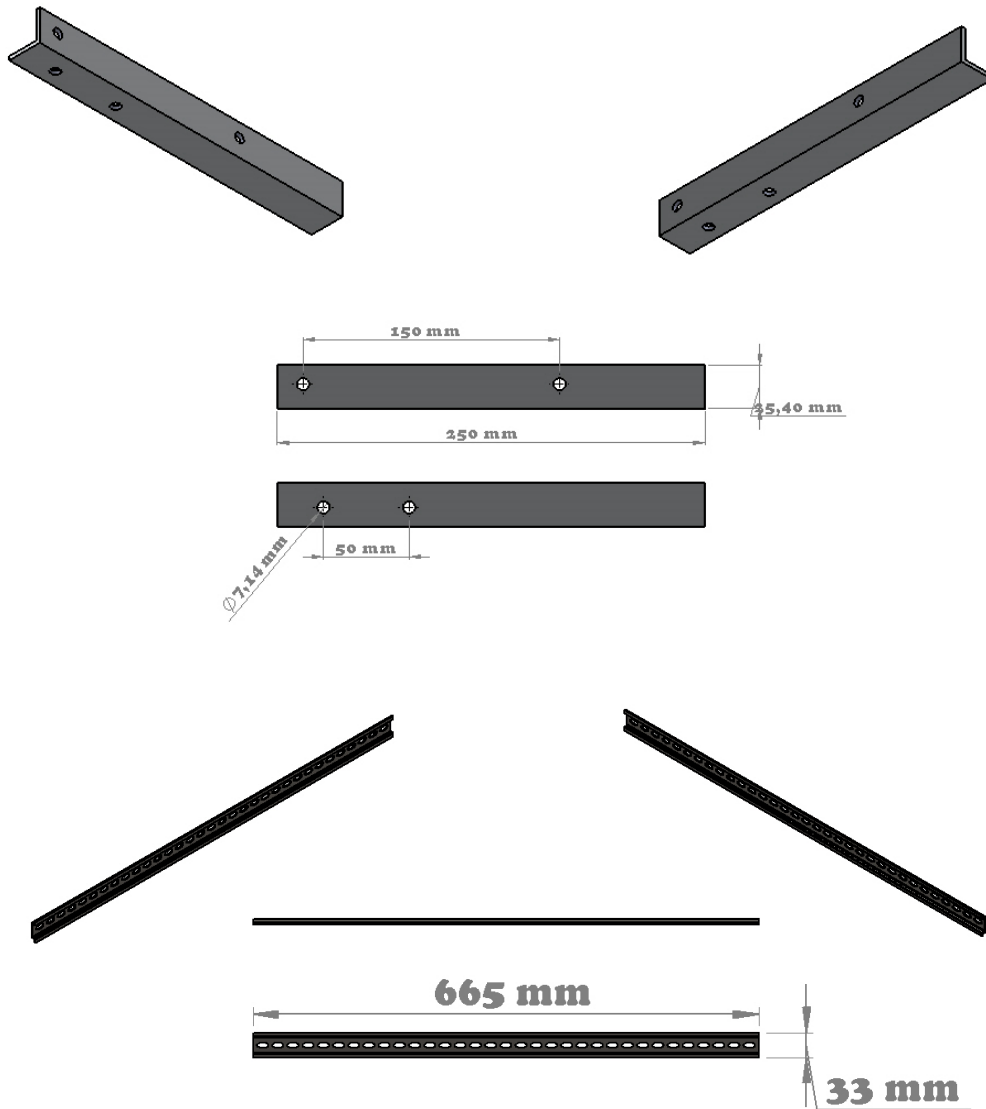


Figura 22. Elementos de soporte medidores sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

3.4.2 Elementos de sujeción externos

Los elementos de sujeción externos dan soporte al armario de medida concentrada consiste en una abrazadera con tornillo pasante de ajuste en dos puntos. Ver figura 24 y cuenta con la posibilidad se sujetar dos armarios en la misma estructura. Ver figura 25.

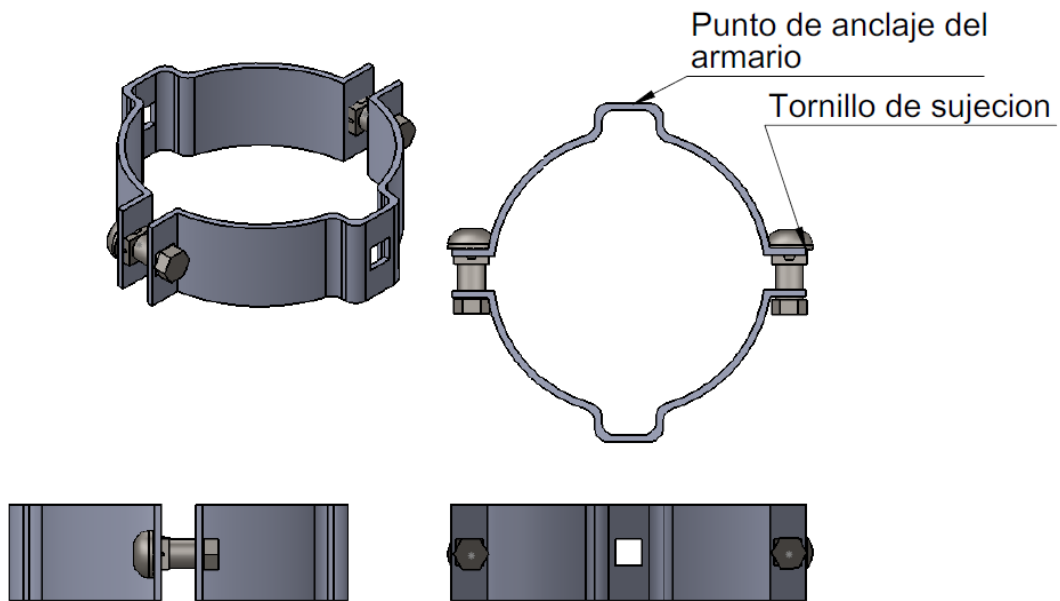


Figura 23. Abrazadera tipo poste sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

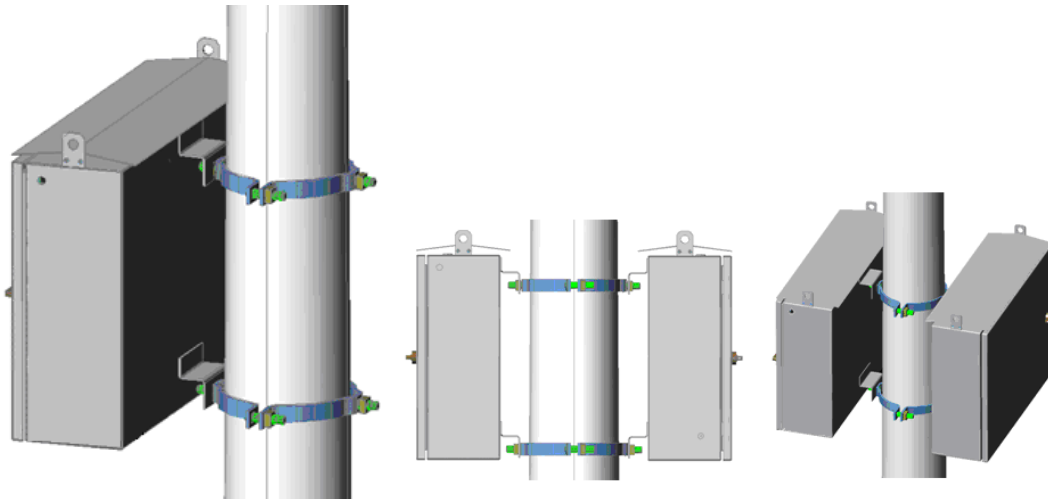


Figura 24. Montaje armario medida concentrada sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

3.4.3 Cuerpo del armario

Es el elemento mecánico principal, dentro él se instalarán todos los componentes eléctricos y mecánicos descritos anteriormente, debe ser construido en lamina de acero calibre 16 mínimo, su estructura debe ser auto soportable e indeformable y debe cumplir con el grado de protección IP 44 como mínimo. La figura 26 presenta el cuerpo del armario, sus elementos y las dimensiones del armario de medida concentrada para el sistema AMI-SAA.



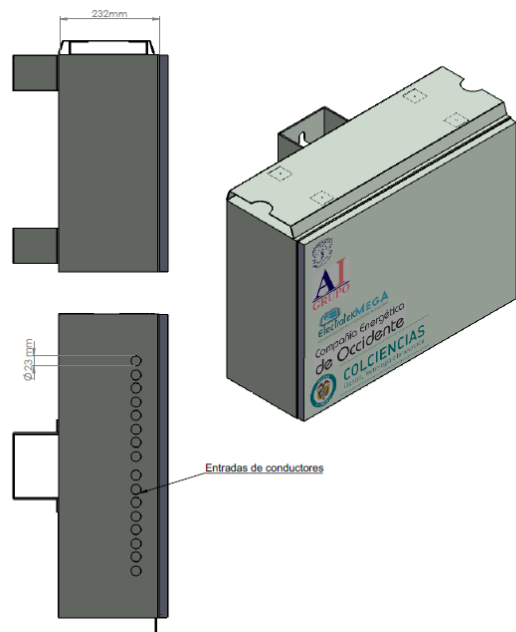


Figura 25. Armario medida concentrada sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

3.5 Listas de chequeo de requisitos bajo la normatividad actual

A continuación se establecen listas que detallan cada uno de los requisitos que deben cumplir los armarios de medida concentrada de acuerdo a la normatividad vigente en Colombia, se elaboran con el fin de evaluar el grado de cumplimiento del armario de medida concentrada propuesto para el sistema AMI-SAA. Se establecen 4 listas así:

1. Requisitos eléctricos.
2. Requisitos mecánicos.
3. Requisitos técnicos generales.
4. Requisitos de acuerdo al operador de red.

| | | Requisitos técnicos generales armarios de medida concentrada | | FORMATO 01 | |
|---------------------------------|--|---|----------------------------|------------|-----|
| REVISADO POR : _____ | | | FECHA DE REALIZACIÓN _____ | | |
| UBICACIÓN : _____ | | | _____ | | |
| CUMPLE (SI) - NO CUMPLE (NO) | | | | | |
| Ítem | DESCRIPCIÓN | Aplica | | Cumple | Obs |
| | | SI | NO | | |
| 1 | Cumplen con la protección mecánica y eléctrica | | | | |
| 2 | Se puede alojar dispositivos de control y telecomunicaciones | | | | |
| 3 | Cumple con los requisitos en caso de manipulación indebida. | | | | |
| 4 | Permite la realización de pruebas de rutina a las unidades de medida en sitio. | | | | |
| 5 | Garantiza la comunicación entre la unidad de medida y el sistema de gestión y operación. | | | | |
| 6 | Cuenta con mecanismos de seguridad de datos y protección contra accesos no autorizados | | | | |
| Observaciones | | | | | |
| _____ CARLOS ALBERTO VELACOR | | | | | |

Tabla 11. Lista de chequeo requisitos técnicos generales sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

| | REQUISITOS OPERADOR DE RED | FORMATO 01 | | | |
|---|--|----------------------------|----|--------|-----|
| REVISADO POR : _____ | | FECHA DE REALIZACION _____ | | | |
| DIRECCIÓN DE LA OBRA: _____ | | | | | |
| CUMPLE (SI) - NO CUMPLE (NO) | | | | | |
| Ítem | DESCRIPCIÓN | Aplica | | Cumple | Obs |
| | | SI | NO | | |
| 1 | Un solo concentrador de módulos de medida y distribución. | | | | |
| 1.1 | Cumple con el numero de compartimientos y puertas de acceso. | | | | |
| 1.2 | Cada compartimiento cumple con lo elementos requeridos. | | | | |
| 1.3 | Cuenta con un sistema de seguridad para manipulacion indebida | | | | |
| 1.4 | Cumple con la instalación adecuada del barraje neutro | | | | |
| 1.5 | Los interruptores automáticos tienen la ubicación adecuada. | | | | |
| 1.6 | La acometida de usuarios cumple el requisito de instalación | | | | |
| 1.7 | El barraje de tierra cumple con las condiciones tecnicas de funcionamiento e instalacion | | | | |
| 2 | Más de un concentrador de módulos de medida y distribución | | | | |
| 2.1 | El armario debe estar constituido por tres compartimientos | | | | |
| 2.1.2 | Compartimiento totalizador y barrajes | | | | |
| 2.1.2.1 | Cuenta con acceso independiente. | | | | |
| 2.1.2.2 | El barraje cumplen con la norma NTC 2050 literal c y la tabla 6.5 del RETIE | | | | |
| 2.1.2.3 | La puerta cumple con los requisitos de seguridad fisica. | | | | |
| 2.1.2.4 | La puerta cumple con la adecuada identificación. | | | | |
| 2.1.2.5 | Cuenta con una ventana exclusiva para operar el interruptor. | | | | |
| 2.1.2.6 | El totalizador cumple con los requisitos para su selección | | | | |
| 2.2 | Compartimiento de módulos de medida | | | | |
| 2.2.1 | Las bandejas para medidores cumplen con la fijacion adecuada | | | | |
| 2.2.2 | Cumple con los requisitos de seguridad para acceso no permitido. | | | | |
| 2.2.3 | Los medidores cumplen la identificación de datos del servicio. | | | | |
| 2.2.4 | El cableado de los medidores cumple con los requisitos segun su ubicacion | | | | |
| 2.2.5 | La puerta cumple con los requisitos de seguridad fisica. | | | | |
| 2.2.6 | La puerta cumple con la adecuada identificación. | | | | |
| 2.3 | Compartimiento interruptores automáticos | | | | |
| 2.3.1 | Cada usuario cuenta con la proteccion según la carga. | | | | |
| 2.3.2 | Las bandejas son removibles . | | | | |
| 2.3.3 | Permite el acceso a los usuarios. | | | | |
| 2.3.4 | Cuenta con un barraje de tierra. | | | | |
| 2.3.5 | La puerta cumple con los requisitos de seguridad fisica. | | | | |
| 2.3.6 | La puerta cumple con la adecuada identificación. | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Observaciones | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| _____ CARLOS ALBERTO VELACO R | | | | | |

Tabla 12. Lista de chequeo requisitos de acuerdo al operador de red sistema AMI-SAA.
(Fuente: elaboración propia)

Capítulo 4

REPRESENTACIÓN 3D DEL SISTEMA DE MEDIDA CONCENTRADA

4.1 Descripción del piloto AMI-SAA

El armario de medida concentrada propuesto para el montaje de pruebas piloto, está constituido por un armario en lámina calibre 16 con una sola puerta, la cual posee un portacandado que proporciona seguridad física al mismo, sus dimensiones son: largo 69.7 cms, alto 50 cms y un ancho de 23.2 cms, en la parte posterior cuenta con dos puntos de soporte para anclajes tipo poste como se presentaron anteriormente. Los barrajes RST, el barraje neutro, barraje de tierra, bornera de conexión a usuario y neutro de usuario, el totalizador y las derivaciones del barraje estos elementos se instalaran sobre una lámina de material aislante de 4 mm de espesor que se fijara al cuerpo del armario, para el caso de los barrajes estos estarán fijados sobre aisladores de soporte.

El armario contiene los dispositivos de comunicación y seis medidores electrónicos monofásicos tipo DDS8888 fabricados por YUEQING BLUE SKY HIGH-TECH CO LTD, los cuales cubren el ancho de la puerta, estos medidores están fijados mediante un riel omega al cuerpo del armario. El armario es alimentado por la red de distribución y cada medidor es conectado por medio de cables a cada barraje, los medidores se interconectan entre sí por medio de los terminales de comunicación RS485 al módulo de comunicación del armario de medida concentrada, la figura 27 representa el diagrama de conexión eléctrico al interior del armario.

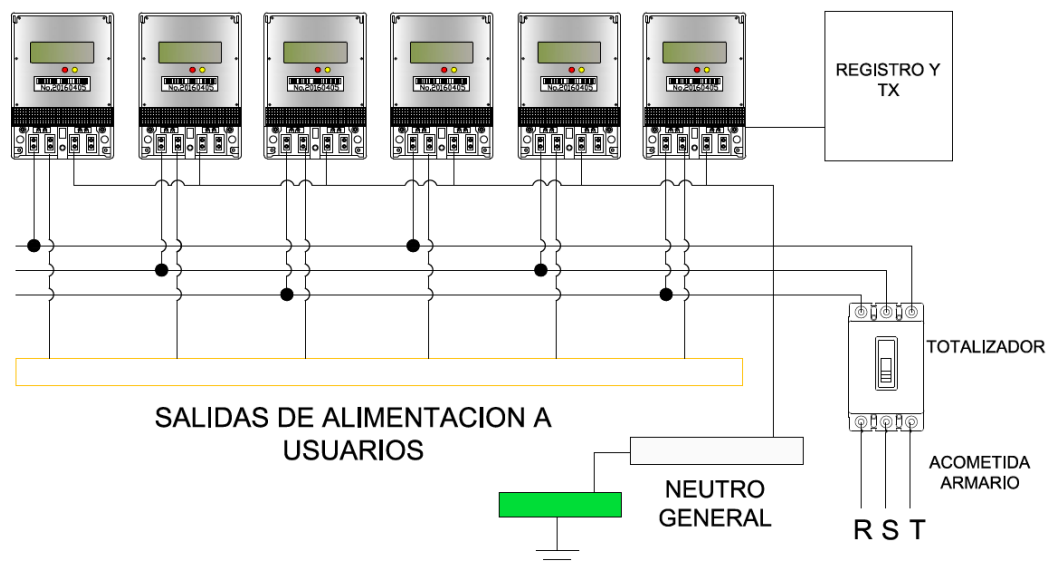


Figura 26. Diagrama de conexión eléctrica armario sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)



Figura 28. Viviendas barrio portal de las Ferias II etapa. (Fuente: elaboración propia)

4.3 Topología de la red de distribución eléctrica

El sistema de distribución eléctrica del barrio Portal de las ferias es de tipo radial, cuenta con dos transformadores de distribución conectados a la red de media tensión proyectada que se conecta a la red existente abierta de 13200 voltios. La capacidad de cada transformador es de 30 kVA, el primer transformador tiene asociados 111 usuarios y el segundo 75 usuarios, cada usuario tiene una capacidad instalada de 5 kVA. La distribución de la red de baja tensión se hace mediante la transición aérea de una red trenzada en cable cuádruplex de aluminio calibre 2, ver figura 29, desde los transformadores, por medio de postes de distribución de 8 m X 510 Kgf con una separación entre postes máxima de 33 mts. Ver figura 30. La acometida a cada usuario se realiza en conductor concéntrico de cobre calibre 8 AWG.

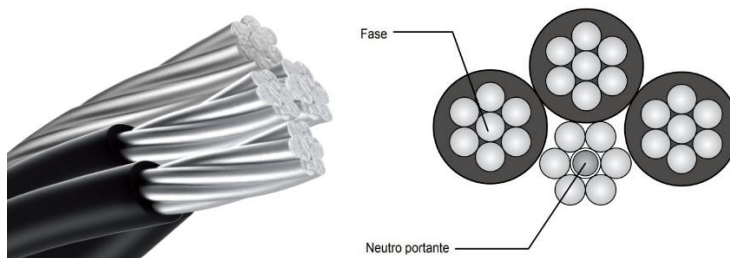


Figura 29. Cable cuádruplex en aluminio[31].

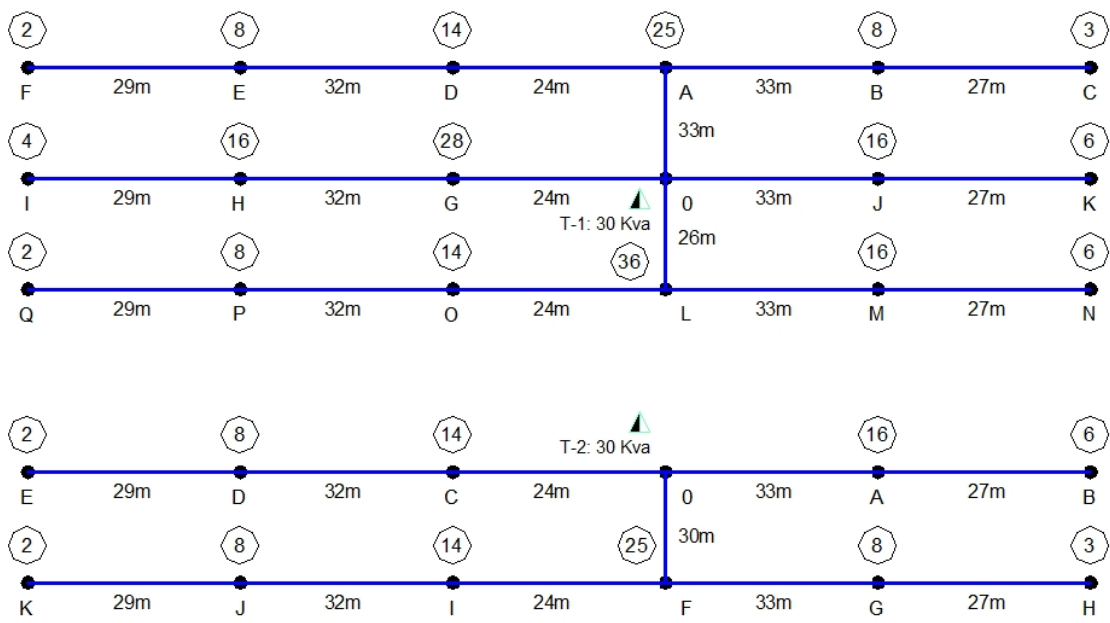
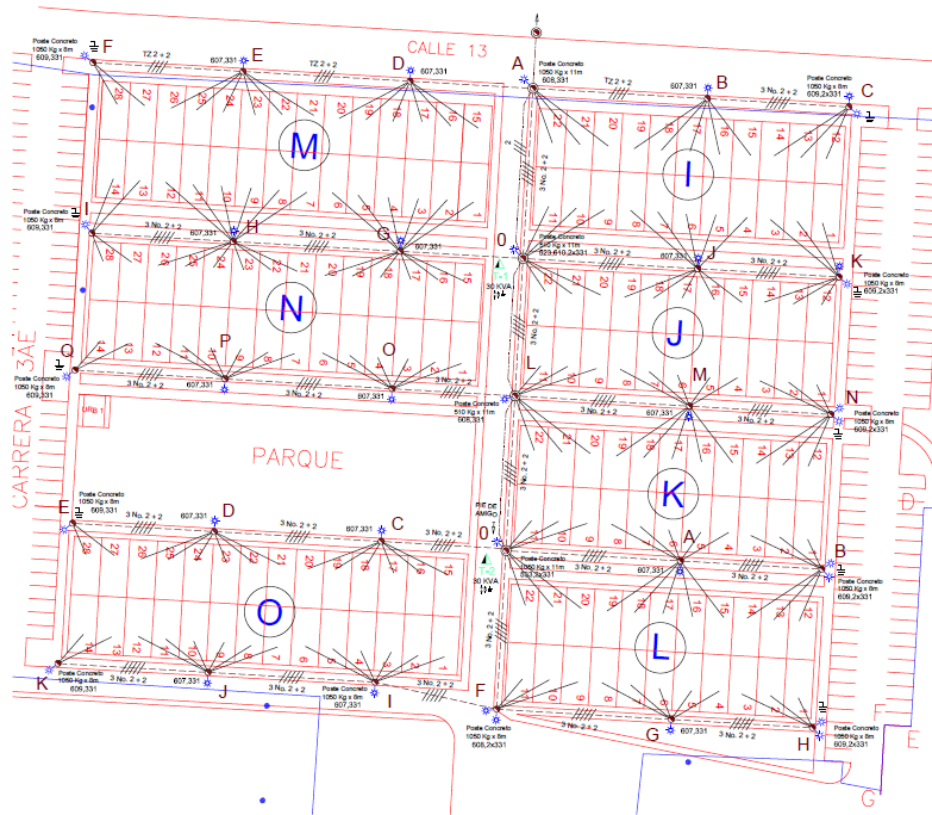


Figura 30. Distribución de red de baja tensión barrió portal de las ferias II etapa. (Fuente: elaboración propia)

4.4 Sistema de medición barrio caso estudio

El sistema de medición de energía eléctrica en el barrio portal de las ferias II etapa es un sistema AMI, el cual utiliza un medidor inteligente fabricado por la compañía ACLARA proveedor de clase mundial de tecnologías de infraestructura inteligentes para servicios de agua, gas y electricidad de todo el mundo. Estos medidores operan en tiempo real, permiten a la empresa prestadora del servicio establecer de manera clara y contundente los consumos reales por franjas horarias que tienen sus clientes a nivel individual.

Este sistema de medición inteligente, además de registrar el consumo instantáneo, está monitoreando otras variables del suministro eléctrico como son la calidad de la corriente, el amperaje demandado, el consumo acumulado, la tensión de suministro, monitoreo de carga y subestación entre otros. Los medidores son agrupados en armarios para brindar seguridad física, protección de datos y evitar posibles fraudes en el suministro de energía a los usuarios, cada usuario puede mediante un dispositivo que conecta a la red interna de la vivienda conocer su consumo de energía.

4.5 Validación de los requisitos eléctricos, mecánicos, técnicos generales y del operador de red del sistema AMI-SAA.

El armario de medida concentrada propuesto para el sistema AMI-SAA, presenta modificaciones principalmente en los requisitos mecánicos, debido a que el montaje se realiza en postes de distribución, los requisitos mecánicos exigidos en cuanto a las dimensiones, las puertas, la localización e instalación y los compartimientos han sido replanteados, a continuación se evaluará el grado de cumplimiento de los requisitos eléctricos, mecánicos, técnicos generales y del operador de red para sistemas AMI que presenta el modelo propuesto para el sistema AMI-SAA.

La tabla 13 representa la validación de los requisitos eléctricos del sistema AMI-SAA

| | | Requisitos mecánicos armarios de medida concentrad. | | FORMATO 01 | |
|----------------------------------|---|---|----------------------|------------|-----|
| REVISADO POR : | | | FECHA DE REALIZACION | | |
| UBICACIÓN : | | | | | |
| CUMPLE (SI) - NO CUMPLE (NO) | | | | | |
| Ítem | DESCRIPCIÓN | Aplica | | Cumple | Obs |
| | | SI | NO | | |
| 1 | Materiales | | | | |
| 1.1 | El material de fabricación del armario cumple con el calibre adecuado. | X | | SI | |
| 1.2 | El armario es rígido e indeformable. | X | | SI | |
| 1.3 | Los elementos de sujeción interna tienen recubrimiento contra la corrosión | X | | SI | |
| 1.4 | El material de fabricación de las puertas cumple con el calibre adecuado. | X | | SI | |
| 1.5 | El calibre del vidrio o acrílico cumple con el espesor mínimo. | X | | NO | |
| 2 | Localización e instalación | | | | |
| 2.1 | Es correcta la ubicación del armario de MC. | X | | SI | |
| 2.2 | Se dispone de un espacio libre para la apertura de las puertas. | X | | SI | |
| 2.3 | La base del armario cumple con la altura mínima respecto del nivel de piso | X | | NO | |
| 2.4 | Tienen las cuentas identificadas de acuerdo la NTC 2050. | X | | SI | |
| 3 | Espacios libres | | | | |
| 3.1 | La separación de los elementos internos cumple con lo establecido en la NTC 2050. | X | | NO | |
| 4 | Estructura | | | | |
| 4.1 | La estructura es autoportada e indeformable. | X | | SI | |
| 4.2 | Los elementos estructurales cumplen con los requisitos. | X | | SI | |
| 4.3 | La soldadura de unión de perfiles está libre de porosidades. | X | | SI | |
| 4.4 | Es acorde la fijación del totalizador. | X | | SI | |
| 5 | Compartimientos | | | | |
| 5.1 | Cumple con el número de compartimientos el interior del armario. | X | | NO | |
| 5.2 | La lámina de separación de los compartimientos cumple con el calibre | X | | NO | |
| 5.3 | La tornillería de fijación cumple con el requisito establecido. | X | | NO | |
| 5.4 | Cumple con la identificación de medidores. | X | | SI | |
| 6. | Puertas | | | | |
| 6.1 | Cumple con el número de puertas de acuerdo a la cantidad de cuentas. | X | | NO | |
| 6.2 | Las puertas de cada compartimiento cumplen con el número de bisagras, la identificación, manijas, cerraduras y portasellos. | X | | SI | |
| 6.3 | Las puertas de los compartimientos cuentan con ventanas de inspección donde sean requeridas. | X | | NO | |
| 7 | Dimensiones | | | | |
| 7.1 | Cumple con la altura permitida. | X | | NO | |
| 7.2 | La instalación de medidores cumple con la separación entre ellos y separación entre las paredes laterales del armario. | X | | NO | |
| 7.3 | Cumple con el número de medidores por cada ancho de puerta. | X | | NO | |
| 7.4 | Cumple con la profundidad requerida. | X | | NO | |
| 8 | Grado de protección | | | | |
| 8.1 | Cumple con el grado mínimo de protección IP para interior y exterior. | X | | SI | |
| Observaciones | | | | | |
| CARLOS ALBERTO VELACO R | | | | | |

Tabla 14. Validación requisitos mecánicos sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

Para el caso de los requisitos mecánicos en lo correspondiente a los materiales se cumple con un 80 %, el 20% que no cumple se debe a requisitos exigidos de visualización que no aplican para el armario del sistema AMI-SAA debido a la ubicación del montaje. Los requisitos exigidos en cuanto a localización e instalación se logra cumplir un 50%, esto a que la normatividad establece condiciones de instalación a nivel de piso y el montaje del piloto AMI-SAA propuesto se realiza en postes de distribución. En espacios libres no se cumple con los requisitos establecidos debido a que por el sitio de instalación del armario de medida concentrada del sistema AMI-SAA las dimensiones propuestas limitan el espacio interior del armario. Los requisitos de acuerdo a la estructura se cumplen en un 100%.

Los requisitos exigidos para compartimientos se cumplen solamente en un 25 % que obedece a la identificación de las unidades de medida, el 75 % que no se cumple se establecen de acuerdo a condiciones de instalación a nivel de piso. Los requisitos de acuerdo a las puertas y dimensiones no se cumplen debido a las condiciones de instalación para el caso de las dimensiones el modelo propuesto para el piloto AMI-SAA establece dimensiones acordes al sitio de instalación.

La tabla 15 contiene la validación de los requisitos técnicos generales del sistema AMI-SAA

| Requisitos tecnicos generales armarios de medida concentrada | | FORMATO 01 | | | |
|--|--|----------------------------|----|--------|-----|
| REVISADO POR : _____ | | FECHA DE REALIZACION _____ | | | |
| UBICACIÓN : _____ | | | | | |
| CUMPLE (SI) - NO CUMPLE (NO) | | | | | |
| Ítem | DESCRIPCIÓN | Aplica | | Cumple | Obs |
| | | SI | NO | | |
| 1 | Cumplen con la protección mecánica y eléctrica | X | | SI | |
| 2 | Se puede alojar dispositivos de control y telecomunicaciones | X | | SI | |
| 3 | Cumple con los requisitos en caso de manipulación indebida. | X | | NO | |
| 4 | Permite la realización de pruebas de rutina a las unidades de medida en sitio. | X | | SI | |
| 5 | Garantiza la comunicación entre la unidad de medida y el sistema de gestión y operación. | X | | SI | |
| 6 | Cuenta con mecanismos de seguridad de datos y protección contra accesos no autorizados | X | | SI | |
| Observaciones _____ | | | | | |
| _____ CARLOS ALBERTO VELACOR | | | | | |

Tabla 15. Validación requisitos técnicos generales sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

En cuanto a los requisitos técnicos generales se cumple con el 83 %, el 17 % que no se cumple se debe a que el requisito de seguridad frente a manipulaciones indebidas exige que se debe desenergizar por completo el sistema en caso de manipulación indebida, para el armario de medida concentrada del sistema AMI-SAA solo se presenta una seguridad física para el acceso al armario.

La tabla 16 contiene la validación de los requisitos de acuerdo al operador de red del sistema AMI-SAA

| | | REQUISITOS OPERADOR DE RED | | FORMATO 01 | |
|---------------------------------|--|----------------------------|----------------------------|------------|-----|
| REVISADO POR: _____ | | | FECHA DE REALIZACION _____ | | |
| DIRECCIÓN DE LA OBRA: _____ | | | | | |
| CUMPLE (SI) - NO CUMPLE (NO) | | | | | |
| Ítem | DESCRIPCIÓN | Aplica | | Cumple | Obs |
| | | SI | NO | | |
| 1 | Un solo concentrador de módulos de medida y distribución. | | | | |
| 1.1 | Cumple con el número de compartimentos y puertas de acceso. | X | | NO | |
| 1.2 | Cada compartimiento cumple con los elementos requeridos. | X | | NO | |
| 1.3 | Cuenta con un sistema de seguridad para manipulación indebida | X | | SI | |
| 1.4 | Cumple con la instalación adecuada del barraje neutro | X | | NO | |
| 1.5 | Los interruptores automáticos tienen la ubicación adecuada. | X | | NO | |
| 1.6 | La acometida de usuarios cumple el requisito de instalación | X | | NO | |
| 1.7 | El barraje de tierra cumple con las condiciones técnicas de funcionamiento e instalación | X | | NO | |
| 2 | Más de un concentrador de módulos de medida y distribución | | X | | |
| 2.1 | El armario debe estar constituido por tres compartimientos | | X | | |
| 2.1.2 | Compartimiento totalizador y barrajes | | X | | |
| 2.1.2.1 | Cuenta con acceso independiente. | | X | | |
| 2.1.2.2 | El barraje cumplen con la norma NTC 2050 literal c y la tabla 6.5 del RETIE | | X | | |
| 2.1.2.3 | La puerta cumple con los requisitos de seguridad física. | | X | | |
| 2.1.2.4 | La puerta cumple con la adecuada identificación. | | X | | |
| 2.1.2.5 | Cuenta con una ventana exclusiva para operar el interruptor. | | X | | |
| 2.1.2.6 | El totalizador cumple con los requisitos para su selección | | X | | |
| 2.2 | Compartimiento de módulos de medida | | X | | |
| 2.2.1 | Las bandejas para medidores cumplen con la fijación adecuada | | X | | |
| 2.2.2 | Cumple con los requisitos de seguridad para acceso no permitido. | | X | | |
| 2.2.3 | Los medidores cumplen la identificación de datos del servicio. | | X | | |
| 2.2.4 | El cableado de los medidores cumple con los requisitos según su ubicación | | X | | |
| 2.2.5 | La puerta cumple con los requisitos de seguridad física. | | X | | |
| 2.2.6 | La puerta cumple con la adecuada identificación. | | X | | |
| 2.3 | Compartimiento interruptores automáticos | | X | | |
| 2.3.1 | Cada usuario cuenta con la protección según la carga. | | X | | |
| 2.3.2 | Las bandejas son removibles. | | X | | |
| 2.3.3 | Permite el acceso a los usuarios. | | X | | |
| 2.3.4 | Cuenta con un barraje de tierra. | | X | | |
| 2.3.5 | La puerta cumple con los requisitos de seguridad física. | | X | | |
| 2.3.6 | La puerta cumple con la adecuada identificación. | | X | | |
| Observaciones | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| _____ CARLOS ALBERTO VELACOR | | | | | |

Tabla 16. Validación requisitos de acuerdo al operador de red sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

Los requisitos establecidos por el operador de red se cumplen en un 12.5% que obedece al sistema de seguridad física que tiene el armario, el 87.5 % que no se cumple es debido a que estos requisitos se establecen de acuerdo al montaje de armarios a nivel de piso.

La tabla 17 contiene el resumen de la validación de los requisitos del sistema AMI-SAA.

| Requisitos | Porcentaje de cumplimiento |
|---|-----------------------------------|
| Requisitos eléctricos | |
| Elementos conductores y protecciones | 82% |
| Puesta a tierra | 100% |
| Cableado | 100% |
| Requisitos mecánicos | |
| Materiales | 80% |
| Localización e instalación | 50% |
| Espacios libres | - |
| Estructura | 100% |
| Compartimientos | 25% |
| Puertas | - |
| Dimensiones | - |
| Grado de protección | 100% |
| Requisitos técnicos generales | 83% |
| Requisitos de acuerdo al operador de red | 12.5% |

Tabla 17. Resumen Validación de los requisitos del sistema AMI-SAA. (Fuente: elaboración propia)

4.6 Representación 3D

El montaje de los armarios del sistema AMI-SAA se realizara en postes de distribución con los elementos de fijación descritos en el capítulo 3, estos estarán ubicados debajo de los armarios de medida concentrada instalados por el operador de red, cada armario de medida concentrada del sistema AMI-SAA tendrá asociados 6 usuarios monofásicos para el registro del consumo de energía eléctrica, la implementación de la prueba piloto del sistema AMI-SAA se realizara en la red de distribución eléctrica del barrio portal de las ferias II etapa en la ciudad de Popayán, se desarrollara una representación en 3D en donde se incluyen el modelo de las viviendas, las vías de acceso, las zonas verdes, las redes de distribución eléctrica y sus elementos.

Las siguientes figuras representan el montaje de los armarios del sistema AMI-SAA en la red de distribución del barrio portal de las ferias II etapa.

La figura 31 representa la vista 3D en planta de una calle del barrio portal de las ferias II etapa en donde se detallan la cubierta de la vivienda, la distribución de las acometidas eléctricas y los postes de distribución.

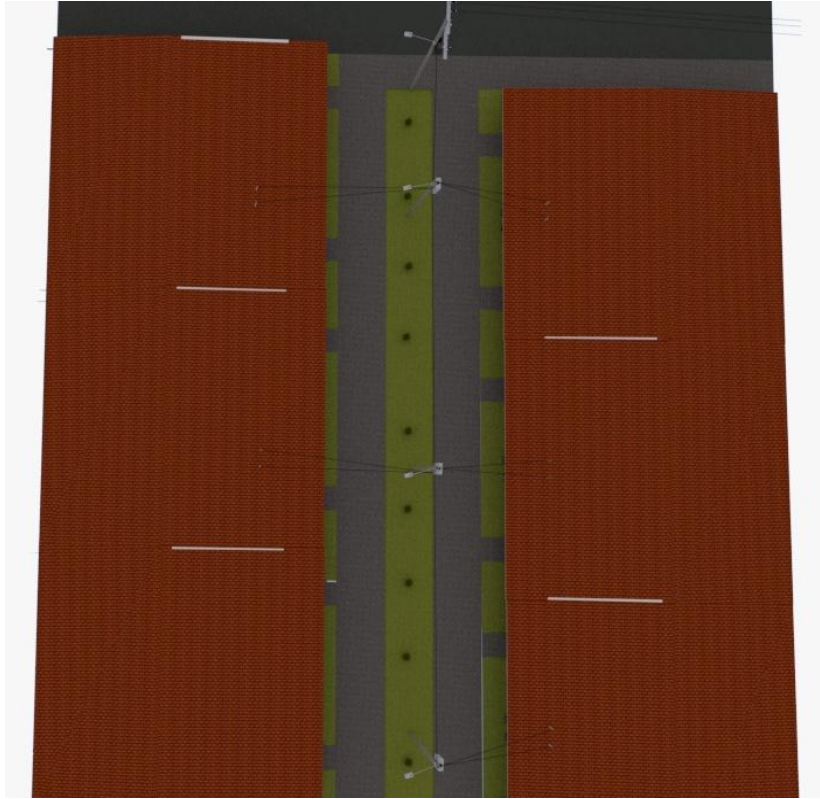


Figura 31. Vista 3D en planta viviendas portal de las ferias. (Fuente: elaboración propia)

Las figura 32 y 33 representan el esquema de montaje del armario de medida concentrada del piloto AMI-SAA en donde se visualizan las acometidas a los usuario, la red aérea, las luminarias de alumbrado público, la distribución de postes a lo largo de una calle del barrio y el armario de medida concentrada instalado por el operador de red en la red de distribución.

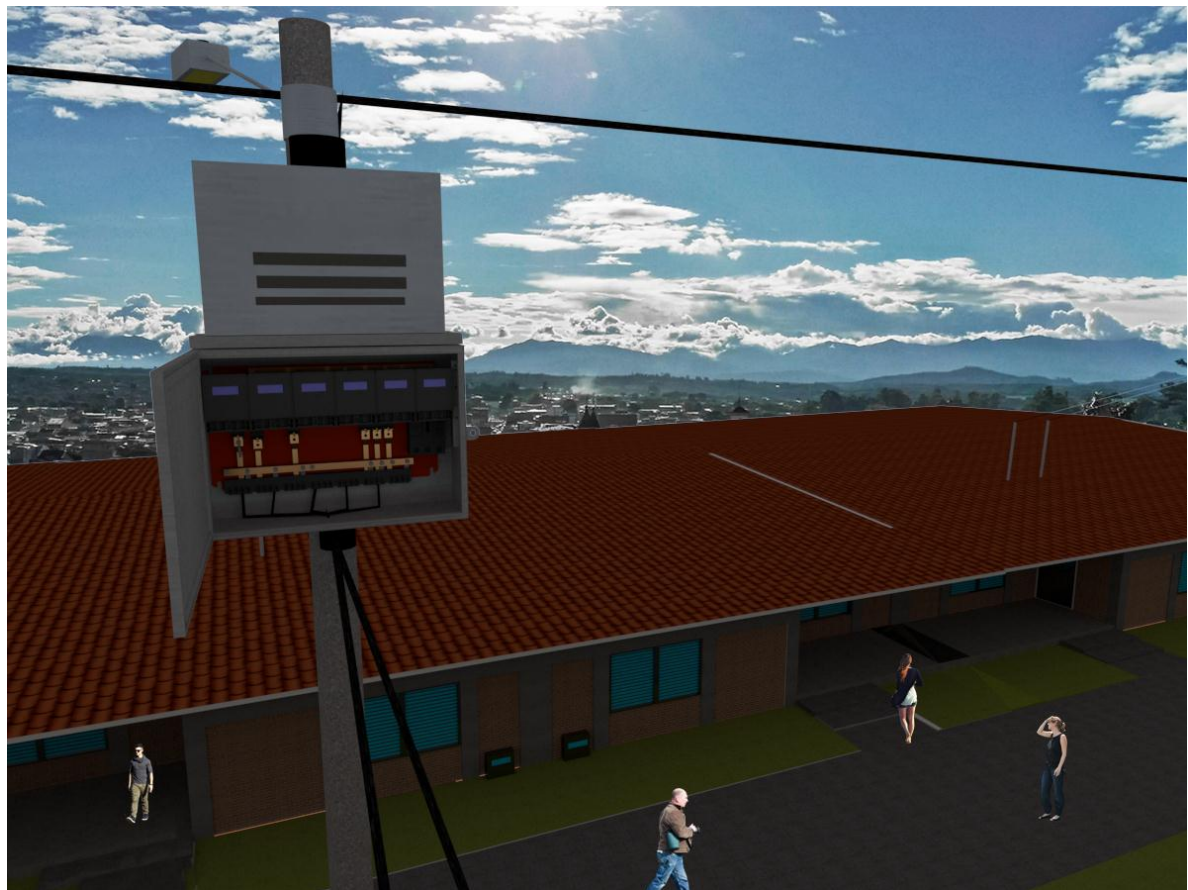


Figura 32. Vista 3D montaje de armarios de medida concentrada barrió portal de las ferias II etapa. (Fuente: elaboración propia)

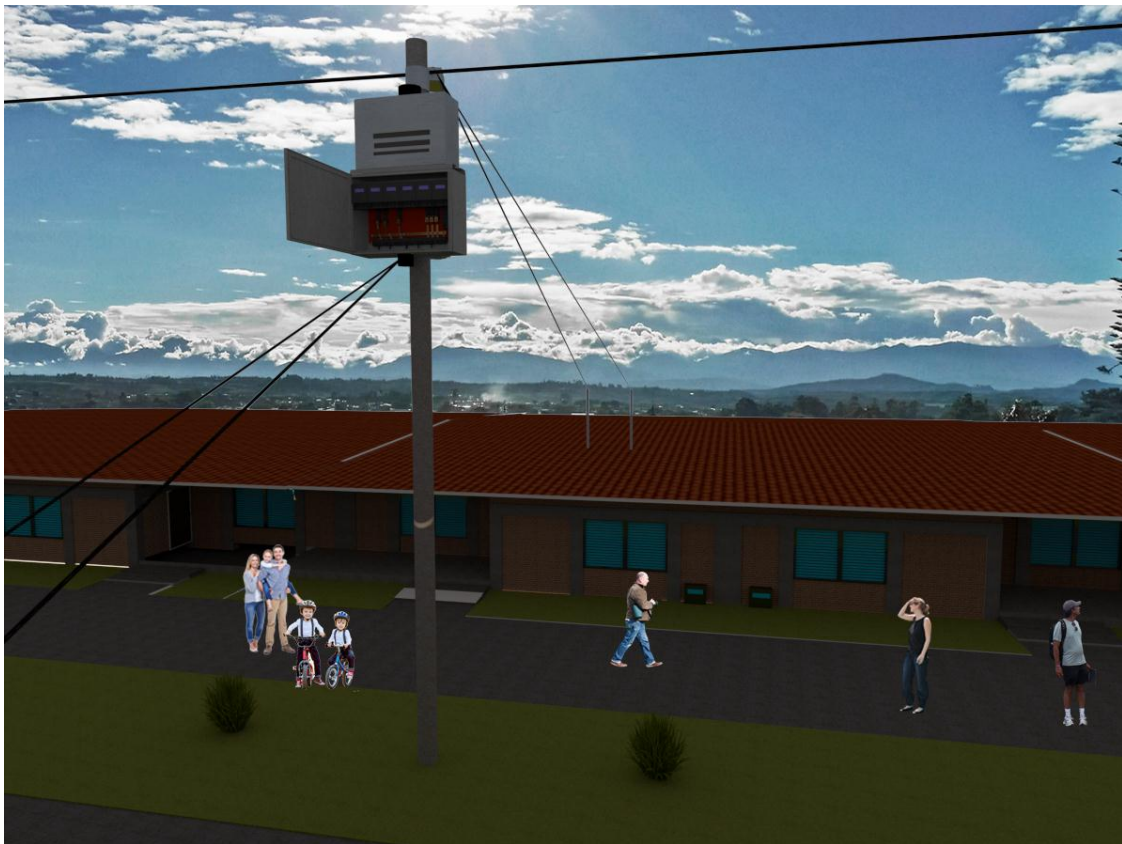


Figura 33. Vista 3D montaje de armarios de medida concentrada barrio portal de las ferias II etapa. (Fuente: elaboración propia)

La figura 34 muestra la vista en 3D de los elementos que constituyen la red de distribución eléctrica sobre la cual se soporta el armario de medida concentrada del piloto AMI-SAA, en donde se visualizan la red de media tensión, la red de baja tensión que alimenta los postes de distribución, los elementos de sujeción, aisladores, las protecciones, el transformador de distribución al cual están asociados los usuarios. Estos elementos son instalados en un poste de concreto de 11 metros de altura y una carga de rotura de 1050 Kg.



Figura 34. Vista 3D montaje de armarios de medida concentrada barrio portal de las ferias II etapa. (Fuente: elaboración propia)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo de grado plantea tres objetivos, el primer objetivo: *Determinar las especificaciones eléctricas y mecánicas de un sistema de medida concentrada para una infraestructura de medición avanzada acorde a la normatividad eléctrica vigente en Colombia en el marco del proyecto Colciencias 4249*, para el desarrollo del presente objetivo se abordó la norma NTC 6079 que es la norma que actualmente plantea los requisitos para sistemas de infraestructura de medición avanzada AMI en redes de distribución eléctrica, lo que permitió establecer un listado detallado de especificaciones eléctricas y mecánicas para diseñar sistemas AMI bajo la normatividad actual. Igualmente se estableció una lista de requisitos técnicos generales para sistemas AMI y una lista de requisitos requeridos por el operador de red.

Además de obtener las especificaciones se logró identificar que la normatividad actual para estos sistemas está limitada y no es acorde al desarrollo tecnológico, por lo tanto en el presente trabajo se plantean unas especificaciones eléctricas y mecánicas complementarias para armarios de medida concentrada con montaje en postes de distribución que es un componente del sistema AMI.

Segundo objetivo: *Diseñar los componentes eléctricos y mecánicos de un sistema de medida concentrada para una infraestructura de medición avanzada acorde a la normatividad eléctrica vigente en Colombia en el marco del proyecto Colciencias 4249*. De acuerdo a las especificaciones se realizaron los diseños de componentes eléctricos y mecánicos mediante un software CAD para modelado mecánico en 2D y 3D desarrollado en la actualidad por Solidworks Corp. Los cuales se presentan en el desarrollo del capítulo 3.

Tercer objetivo: *Validar los diseños por medio de una representación 3D del sistema de medida concentrada, para la infraestructura de medición avanzada diseñada, en una topología de una red de distribución residencial en la ciudad de Popayán*. La representación 3D del sistema de medida concentrada se realizó mediante el programa de arquitectura Revit Architecture el cual ofrece una licencia gratuita por tres años para estudiantes, por medio de este software se realizó la implantación del sistema de medida concentrada propuesto en la red de distribución eléctrica del barrio portal de las ferias II, a partir de un diseño en planta de la red de distribución eléctrica y el urbanismo en AutoCAD. A partir de la distribución eléctrica se realizaron las memorias de cálculo para las instalaciones eléctricas de la vivienda tipo del barrio portal de las ferias II en el cual se llevara a cabo la prueba piloto del sistema AMI-SAA.

En el desarrollo del trabajo de investigación se estudió toda la documentación relacionada con la normatividad vigente en Colombia para sistemas AMI en lo referente a armarios de medida concentrada, así como la normatividad asociada a instalaciones eléctricas, además se logró realizar una charla virtual con el ingeniero Jairo Miguel Vergara miembro del comité 144 de medidores de energía, en la cual se logró ratificar las falencias presentes

en la actual normatividad y conocer aspectos técnicos que traerá la primera actualización de la norma NTC 6079 que saldrá en el segundo semestre de 2018, todo lo anterior permitió obtener un listado detallado de especificaciones eléctricas y mecánicas para diseñar sistemas AMI con la reglamentación vigente, además se logró identificar que existe un vacío en la normatividad que regula la instalación de armarios para medidores de energía principalmente en lo que se refiere al montaje en postes de distribución por lo tanto el presente trabajo presenta unas especificaciones complementarias para un componente del diseño del sistema AMI como lo es el armario de medida concentrada.


Para realizar trabajo de campo en el armario de medida concentrada se recomienda realizar pruebas de inspección física, mediciones de resistividad y equipotencialidad eléctrica al sistema de puesta a tierra de este, tanto en el punto de conexión del electrodo de puesta a tierra como la conexión al interior del armario, con el fin de comprobar el adecuado funcionamiento y garantizar la protección a los componentes y al personal encargado de realizar los procedimientos requeridos en la unidad por parte del prestador del servicio de energía. Además es importante resaltar que la manipulación de los armarios de medida concentrada debe ser realizada por personal autorizado por el prestador del servicio y competente frente a trabajos eléctricos, con buenas prácticas en trabajo técnico y con las protecciones adecuadas para este tipo de trabajos. Es necesario revisar la normatividad que regula actualmente la instalación de armarios para medidores de energía eléctrica, ya que no es acorde al avance tecnológico y presenta falencias en cuanto al montaje de estos armarios en postes de distribución.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministerio de Minas y Energía, “RETIE Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas,” no. 18, pp. 1–200, 2012.
- [2] Icontec, “Código eléctrico colombiano - NTC 2050,” pp. 1–847, 1998.
- [3] C. E. de O. Cec, “Norma de Acometidas y Medicion Version 03,” pp. 1–119, 2014.
- [4] Icontec, “Requisitos para Sistemas de Infraestructura de Medicion Avanzada (AMI) en Redes de Distribucion de Energia Electrica.”
- [5] E. Power, “Advanced Metering Infrastructure (AMI),” *Electr. Power Res. Inst.*, p. 2, 2007.
- [6] R. Jiménez, T. Serebrisky, and J. Mercado, “Dimensionando las pérdidas de electricidad en los sistemas de transmisión y distribución en América Latina y el Caribe - Reporte del Banco Interamericano de Desarrollo,” 2014.
- [7] H. A. Dias, Ricardo, Sacaramutti, Jose C., Arrojo, Carlos D., Nastta, “Análisis Comparativo de Sistemas de Medición Inteligentes en el Contexto de las Redes Inteligentes,” pp. 491–497, 1900.
- [8] S. E. D. S. p. A. Rogai, “Telegestore Project Progress & Results Situation in Italy,” *Ieee Isplc*, no. March, 2007.
- [9] “Antecedentes,” 2016.
- [10] F. Javier and S. Alzate, “Normatividad sobre Redes Inteligentes,” 2012.
- [11] S. Ramírez, *Redes de distribución de energía*. 2009.
- [12] J. Manuel and S. Calderón, “Propuesta Para Remunerar Planes de Reducción de Pérdidas no Técnicas de Energía Eléctrica en Sistemas de Distribución Local,” 2011.
- [13] D. J. Romero and A. Vargas, “Modelo de Incentivos para la Reducción de Pérdidas de Energía Eléctrica en Colombia,” *Rev. la Maest. en Derecho Económico*, vol. 6, no. 6, pp. 221–257, 2010.
- [14] E. Econ, “Análisis de Impacto Normativo,” pp. 1–37, 2017.
- [15] U. S. Giorgi, “Medidas Eléctricas en las Instalaciones de Baja Tensión,” p. 30, 2009.
- [16] Superintendencia de Industria y Comercio, “Medición y Gestión Inteligente de Consumo Eléctrico,” 2016.
- [17] J. Martín *et al.*, “Boletín IIE, 2015 Aplicación de Tecnologías de Medición Avanzada (AMI) Como Instrumento para Reducción de Pérdidas.”
- [18] B. Aires, “U . S . - Argentina Binational Energy Working Group (BEWG) Actualidad regional y perspectivas en Argentina y EEUU,” 2012.
- [19] J. M. Alvarado Brito, “Servicios de medición avanzada (AMI) para redes inteligentes y su adaptabilidad en el marco de la legislación ecuatoriana,” p. 159, 2011.
- [20] M. Workers, C. Forum, and C. Ground, “a Road Map To,” no. june, pp. 36–42, 2014.
- [21] V.Perez, “Estudio Preliminar Sobre la Viabilidad de la Implementación de Medidores Inteligentes de Energía en los Estratos 1, 2 y 3 de Cali.” .

- [22] Epm, “Tableros y Celdas de Medida,” pp. 1–50, 2014.
- [23] O. M. Edison and G. P. W. Steven, “Estado del Arte de la Medida Centralizada de Energia Electrica en la Ciudad de Cartagena,” 2011.
- [24] E. Escobar Cataño, “Ventajas y Desventajas de la Implementacion de Sistemas de Medida Centralizada por la Empresa Distribuidora del Pacifico S.A. E.S.P. del municipio de Quidó,” 2016.
- [25] E. D. S. S. . E. Essa, “Norma Para el Cálculo y Diseño de Sistemas de Distribución.,” p. 165, 2004.
- [26] Ministerio de Minas y Energia, “Reglamento Tecnico de Instalaciones Electricas RETIE.” .
- [27] Icontec, “NTC 4052 Equipos de Medicion de Energia Electrica (C.A),” no. 571, 2017.
- [28] Icontec, “NTC 3444 Electrotecnia. Armarios para Instalacion de Medidores de energia Electrica,” 2004.
- [29] Epm, “Puesta a Tierra de Redes de Distribucion Electrica,” pp. 1–14, 2011.
- [30] S. integral de gestion de Proyectos, “Diseño e Implementación de un Sistema de Infraestructura Avanzada de Medición Soportado en Tecnología de Identificación de Balances Energéticos en Transformadores de Distribución.,” 2013.
- [31] Centelsa, “RETIE : Regulacion de tension en instalaciones electricas,” *Cables Technol.*, no. Ntc 2050.

ANEXOS



Certificate of Approval

Certificate No. : 10115Q10777R0S
Awarded to
Yueqing BlueSky Hi-tech Co., Ltd.
Organization Code Certificate No.:72890714-X
Add.:Sulu Industrial Zone, Liushi Town, Yueqing City,Zhejiang Province, China.,325604


Beijing ZhongLianTianRun Certification Center (ZLTR) certify that the Quality Management System of the above organization has been assessed and found to be in accordance with the requirements of the standard:
ISO9001: 2008

SCOPE OF CERTIFICATION/REGISTRATION
Production of Electronic Energy Mater within the Scope of License


*Subject to operation conditions in requirements conformity with Quality Management System,
This Certificate is valid for a period of three years only,
Date from: Jan 30th,2015 To: Jan 29th,2018
The effectiveness of this Certificate shall be Validated by periodic surveillance audit of ZLTR for maintenance.This Certificate will not be in force unless qualified identification is stuck there under by ZLTR within appropriate time limit.*

| | | | |
|------------|-------|------------|-------|
| 2016-01-22 | Stuck | 2017-01-22 | Stuck |
|------------|-------|------------|-------|


Information of this certificate can be found on the official website of Certification and Accreditation Administration of the People's Republic of China (<http://www.cnca.gov.cn>) and the official website of Beijing Zhonglian Tianrun Certification center (<http://www.zltr.com.cn>)



SCC Accredited
CB-MS
OCSM
Accrédité CCN
Accredited CB-MS
(Certification Body - Management Systems)



INTERNATIONAL
IAF
ACCREDITATION FORUM



Beijing ZhongLianTianRun Certification Center
中联天润认证中心
ISSUED BY

Beijing Zhongliantianrun Certification Center
Room 2601, 2602, 2603, 26th Floor, 2nd Unit, Block 1, No.4 Yard, Qiyang Road, Chaoyang District, Beijing, P.R. China 100102

Anexo 1. Certificado de calibración unidad de medida