

MECANISMOS TÉCNICOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MÍNIMO VITAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA



ANEXOS

DAVID STIVEN MARTINEZ MOSQUERA
ISABEL CRISTINA HENRIQUEZ CAMAYO

Director: Mg. JUAN FERNANDO FLÓREZ MARULANDA

Universidad Del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Línea de Automatización y Control
Popayán, 2017

CONTENIDO

MECANISMOS TÉCNICOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MÍNIMO VITAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA	6
CONTENIDO	6
Lista de figuras	6
Lista de Tablas.....	6
ANEXO A	7
1. Proceso de mapeo sistemático	7
1.1 Búsqueda global.....	8
1.2 Definición de la pregunta de investigación	9
1.2.1 Ámbito de revisión.....	10
1.3 Ejecución de la búsqueda	10
1.3.1 Documentos.....	11
1.4 Análisis de documentos.....	11
1.4.1 Documentos relevantes.....	12
1.5 Palabras clave.....	15
1.5.1 Esquema de clasificación.....	19
1.6 Extracción de datos.....	20
1.6.1 Mapa sistemático.....	20
2 Análisis comparativo, discusión y conclusión.....	20
2.1 Resumen del mapeo sistemático.....	21
ANEXO B	23
ANEXO C	27
1. Procedimiento metodológico del proyecto	27
Método Ingenieril	27
2. Metodologías de diseño de un producto.....	28
2.1 Metodología 1: Dinámica de sistemas	28
2.2 Metodología 2.....	29
2.3 Metodología 3: Six Sigma.....	31
2.4 Metodología 4.....	33
2.5 Metodología 5.....	35
2.6 Metodología 6: Marco ampliado del proceso de diseño	35

2.8 Metodología 8: Desarrollo integrado del producto, un esfuerzo sistemático para mejorar la Ingeniería de Producto/Proceso a través de la conformación de equipos multidisciplinarios de trabajo (DIP/IPP)	36
ANEXO D	39
1. Guía técnica colombiana GTC 122	39
2. Medidores de energía eléctrica encontrados en el laboratorio de energética de occidente 40	
ANEXO E	45
ANEXO F	53
1. Descripción del contenido y organización de los archivos de simulación	53
I. Códigos Matlab	54
II. HMI_LOCAL_Y_REMOTA	96
III. Vectores en Excel	96
1. Interfaces hombre – máquina, simulación Matlab	97
A. Interfaz de PRESENTACIÓN	98
B. 1Interfaz LOCAL	98
C. Interfaz REMOTA	100
ANEXO G	103
MECANISMOS TÉCNICOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MINIMO VITAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA	103
INTRODUCCIÓN	105
PÁRRAFO 1	105
PÁRRAFO 2:	105
PÁRRAFO 3:	106
METODOLOGÍA	107
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	124
Diagrama de procedimientos de la simulación	124
Simulación de situaciones	126
Comparación de resoluciones	128
Comparación de curvas de consumo diarias	130
CONCLUSIONES	133
Referencias	134

Lista de figuras

Figura 1. Proceso de Mapeo Sistemático.....	8
Figura 2. Esquema de clasificación.	19
Figura 3. Mapeo Sistemático.	20
Figura 4. Etapas y secciones de la metodología 2.	30
Figura 5. Medidores electromecánicos – básicos.....	41
Figura 6 Medidores electrónicos – básicos.	41
Figura 7. Medidores de teledatificación centralizados – Concentradores de información.....	42
Figura 8. Medidores multifunción – uso industrial.....	43
Figura 9. Sistema de calibración de medidores de energía eléctrica.	43
Figura 10. Arduino Nano	46
Figura 11. Módulo GSM/GPRS A6 mini	46
Figura 12. Pantalla LCD TC1602A.....	47
Figura 13: Lector RFID-RC522 RF para NFC.	48
Figura 14. Teclado matricial 4x4.....	48
Figura 15: Speaker X330N	49
Figura 16. Costos de materiales y ensamble de la adaptación.....	50
Figura 17. Costos de diseño electrónico y diagramación de la adaptación.	51
Figura 18. Subcarpetas del anexo digital	54
Figura 19. Archivos .m – códigos de simulación del MVE.	54
Figura 20. Carpetas contenedoras de los archivos de diseño de la HMI del MVE.....	96
Figura 21. Tablas que contienen los datos de los vectores utilizados en las simulaciones en Matlab. 96	
Figura 22. Ubicación a modificar de los archivos en el Excel – sitio a donde apuntan los vectores de la simulación del MVE.....	97
Figura 23. Interfaz inicial para la simulación de los paneles “Local y Remota” del MVE en Colombia. 98	
Figura 24. Interfaz local.	100
Figura 25. Interfaz Remota.	101
Figura 26. Diagrama de bloques de la adaptación para los medidores electrónicos	115
Figura 27. Interfaz para la adaptación.....	116
Figura 28 Diagrama de flujo procedimiento MVE prepago sin N días.	119
Figura 29. Mecanismo I para las adaptaciones I y II.	121
Figura 30. Diagrama de caso de uso para el mecanismo.	122
Figura 31. Relación de horas de un día de porcentajes de consumo en el año 2007.....	124
Figura 32. Diagrama de procedimientos de simulación del MVE.	125
Figura 33. Simulación de los casos I y III del consumo de 2 meses en un hogar de estrato socioeconómico bajo.....	127
Figura 34. Simulación de los casos II y IV del consumo de 2 meses en un hogar de estrato socioeconómico bajo.....	128
Figura 35. Consumo de flujo de potencia por una semana con una resolución de un día.	129
Figura 36. Consumo eléctrico por una semana con una resolución de una hora.	129
Figura 37. Comparativa del consumo eléctrico de una semana con una resolución de una hora, sobre un mismo horizonte de 24 horas.	131

Lista de Tablas

Tabla 1. Resultados de búsqueda.....	11
Tabla 2. Resultados de la búsqueda de documentos.	12
Tabla 3. Resultados de las palabras claves en los documentos.	15
Tabla 4. Resultados de la búsqueda de artículos para tecnologías AMI.	24
Tabla 5. Resultados de la búsqueda de documentos para medición inteligente.....	26
Tabla 6. Clasificación del equipo de medida de la energía eléctrica por su complejidad.	40
Tabla 7. Código de simulación resolución_1_meses_dias.m.....	55
Tabla 8. Código de simulación resolución_1_meses_horas.m.....	64
Tabla 9. Código de simulación resolución_1_meses_dias.m.....	74
Tabla 10. Código de simulación resolución_2_meses_dias.m.....	86
Tabla 11. Asignación de Kwh.....	99
Tabla 12. Cumplimiento de pautas de selección por las modalidades de pago prepago y postpago	108
Tabla 13 Requerimientos operativos del potencial mecanismo MVE.	109
Tabla 14. Requerimientos socioeconómicos del potencial mecanismo MVE.....	111
Tabla 15. Requerimientos técnicos del potencial mecanismo MVE.	112
Tabla 16. Condiciones técnicas de diseño del potencial mecanismo MVE.....	113
Tabla 17. Relación de medidores versus técnicas de lectura de medición de energía.	114
Tabla 18. Caminos identificados en el diagrama de flujo de la Figura 28	119
Tabla 19. Descripción de los actores del diagrama de caso de uso para el mecanismo.....	122
Tabla 20. Descripción de las acciones del diagrama de caso de uso para el escenario.	123
Tabla 21. Resumen del alcance del entorno de simulación	131

ANEXO A

MAPEO SISTEMÁTICO

En diversos campos de la investigación, el análisis de problemas y/o contextos tiene como propósito verificar e inspeccionar diferentes alternativas, las cuales se desarrollan como técnicas que contribuyan significativamente a una solución o múltiples soluciones teniendo en cuenta un esquema y procesos definidos. Una de las diferentes alternativas de investigación es la *técnica de mapeo sistemático*, mediante la cual se emplea la ejecución de una serie de pasos y/o procesos, desarrollados como un conjunto de métodos que profundizan en un tema en particular, por consiguiente, ampliando el conocimiento teórico del investigador en cuestión.

Dado lo anterior, en el presente anexo se aplica la revisión sistemática de los posibles mecanismos técnicos de implementación que garanticen el MVE, dirigido a estratos socioeconómicos bajos en Colombia.

1. Proceso de mapeo sistemático

Es un método de estudio que brinda la posibilidad de estructurar un esquema de clasificación para así obtener una visión global de un área de la investigación específica.

En el proceso de mapeo sistemático se desarrollan una serie de pasos los cuales acarrearán unos resultados, ver **Figura 1**. Dichos pasos se describen de manera ordenada, a continuación:

- Búsqueda global.
- Definición de la pregunta de investigación.
- Ejecución de la búsqueda.
- Análisis de documentos.
- Palabras clave.

- Extracción de datos.

Por otra parte, los resultados de cada paso respectivamente son:

- Revisión global.
- Ámbito de revisión.
- Documentos.
- Documentos relevantes.
- Esquema de clasificación.
- Mapa sistemático.

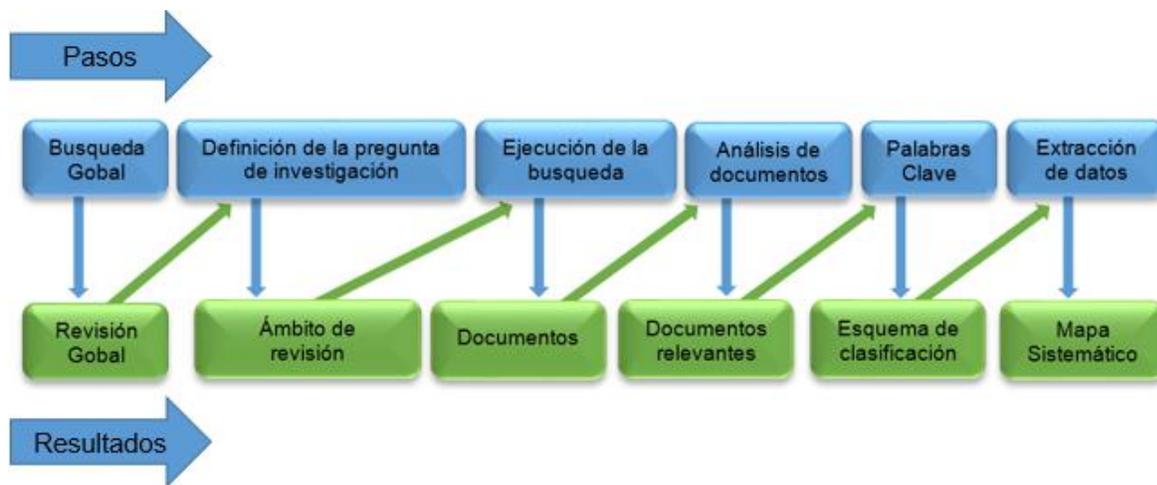


Figura 1. Proceso de Mapeo Sistemático.

Fuente: Propia.

1.1 Búsqueda global

Se considera importante realizar una lluvia de términos relacionados con la problemática a tratar que enriquezca y facilite la búsqueda de documentos afines con esta.

Para la problemática a tratar “*mecanismos técnicos de implementación del mínimo vital de energía eléctrica en Colombia para estratos socioeconómicos bajos*” se incorporaron en este paso previo al mapeo sistemático, los siguientes términos o palabras claves:

- Servicios Domiciliarios.
- Servicios Públicos.
- Consumos mínimos.
- Consumos básicos.
- Mínimo vital.
- Energía eléctrica.
- Gas doméstico.
- Agua potable.
- Consumo subsidiado.
- Consumo de supervivencia.
- Supervivencia.
- Calidad de vida.
- Sectores populares.
- Contadores Inteligentes.
- Contadores para celdas Solares–Domótica.
- Canasta vital.
- Medidores inteligentes.
- Contadores inteligentes.
- Redes inteligentes.
- Contadores adaptativos.
- Telegestión en medidores.

Por otra parte, se procedió a implementar una búsqueda de artículos y/o documentos de manera global, cuyos términos a incluir fueran las traducciones contextuales de las palabras anteriormente mencionadas, y así de este modo lograr tener una idea más específica y general de “*mínimos vitales de servicios domiciliarios*” en los diferentes países de habla hispana, y habla inglesa.

Así mismo, las siguientes palabras fueron las palabras en contexto seleccionadas para llevar a cabo la búsqueda de documentos alusivos a la temática del proyecto en el idioma inglés:

- Public services
- Minimum consumption
- Basic consumption
- Minumun vital
- Electricity
- Domestic gas.
- Water
- Subsidized consumption
- Consumption for survival
- Residential services
- Quality of life
- Popular sectors
- Survival
- Smart Meter.
- Smart Grids.

Con lo anterior, se garantiza el correcto desarrollo e implementación de procesos y/o etapas del mapeo sistemático correspondiente al trabajo en cuestión, abarcando todos los frentes de búsqueda de términos relacionados de manera global.

1.2 Definición de la pregunta de investigación

Para el proyecto de grado “*Mecanismos técnicos de implementación del mínimo vital de energía eléctrica en Colombia*” se plantea la siguiente pregunta de investigación:

- ¿Cuáles son los potenciales mecanismos técnicos para llevar a cabo la implementación del MVE en Colombia, para los estratos socioeconómicos bajos en el marco de las Smart Grid?

Para darle solución a la pregunta previamente planteada, se establecen 2 preguntas de investigación, estas deben ser concretas, transparentes y precisas, ya que sirven como soporte en aras de organizar los estudios, agregando de esta manera cierta *relevancia, dirección y coherencia* durante el desarrollo de la investigación, además, estas deben permitir la búsqueda de información sobre la mejor opción para realizar una propuesta técnica que conduzca a la elaboración del proyecto.

Con lo anteriormente planteado, y haciendo referencia a los objetivos específicos planteados en el anteproyecto de grado, se formulan las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cómo generar un diseño óptimo del mecanismo técnico, que permita implementar y garantizar el MVE en Colombia, en el marco de las Smart Grid?
- ¿Cómo se evalúa el mecanismo técnico que implemente el MVE?

1.2.1 Ámbito de revisión

El ámbito de investigación para tasar y centrar la búsqueda de documentos e información, es generado por la definición de la pregunta de investigación, a partir de temas intrínsecos de posibles mecanismos de razonamiento y uso de energía eléctrica y otros servicios domiciliarios, evaluando escenarios técnicos y normativos (industria y academia). Dado lo anterior, es viable el emplear modelos de estudio y análisis de un MVE en Colombia.

1.3 Ejecución de la búsqueda

Posterior al planteamiento del tema de investigación, se procede a la búsqueda de documentos de la temática a estudiar, a través de diferentes herramientas tales como, bibliotecas digitales, repositorios de información científica, revistas científicas, entre otros; el hallazgo de documentación de interés está limitada por los términos claves encontrados con anterioridad. La documentación obtenida, debe tener la cantidad apropiada para permitir una selección del material más relevante y que tenga un aporte significativo al proceso de investigación, es por esto que se debe realizar una recopilación exhaustiva de información.

Por otra parte, para la búsqueda de información, fue necesario el uso de buscadores de información tales como IEEE Xplorer, Google, Google Academic, DOAJ, RedalyC, Dialnet y Science Direct, y durante esta se utilizó la terminología obtenida en la lluvia de términos expuesta anteriormente, ver **Tabla 1**.

Tabla 1. Resultados de búsqueda.

	GOOGLE	IEEE XPLORER	SCIENCE DIRECT	GOOGLE ACADEMIC	DIALNE T	DOAJ	REDALYC
Resultados de la Búsqueda	199000	9460000	98	19200	77	576	185735
Documentos analizados	100	100	20	70	50	40	70
Documentos Candidatos	30	25	8	20	20	6	20
Documentos Relevantes	10	6	4	15	15	3	4
Documentos Utilizados	5	0	1	12	10	0	0

Fuente: Propia.

1.3.1 Documentos

Dado lo anterior, se logró conseguir documentos tales como artículos científicos, trabajos de grado, reseñas online, leyes, decretos y resoluciones, que proveen información acerca de los servicios de gas, agua potable y energía eléctrica, y principalmente información de subsidios y mínimos vitales de servicios básicos domiciliarios. De igual manera, se encontraron referencias que aportaran al origen de la prestación de servicios públicos domiciliarios en Colombia, es decir, se hallaron documentos normativos publicados en la década de los 90 que proveen información importante respecto al punto de partida del consumo de estos servicios en Colombia.

1.4 Análisis de documentos.

Una vez adquiridos los documentos con la información adecuada, se procede a ordenarlos cronológicamente y a clasificarlos en los escenarios *Normativos y Técnicos* desde donde será abordado el tema.

Para la clasificación de la información, se procede a realizar la lectura y análisis de cada uno, con el fin de trabajar en los procesos de inclusión y exclusión, estos se usan con el fin de seleccionar solo los escritos necesarios y útiles que den solución de las preguntas de investigación anteriormente planteadas.

Con respecto al *criterio de inclusión*, se recopilan todos los artículos, informes técnicos, documentos y páginas que aportan a la solución de las preguntas de investigación, es decir, escritos que hacen referencia a la prestación y consumo de los servicios de energía eléctrica, agua potable y gas domiciliario en algunos países, incluyendo Colombia; además, se realiza una clasificación en los ámbitos anteriormente nombrados, desde donde se abordará la temática del trabajo de grado.

Por otra parte, en el *criterio de exclusión*, se desechan todos los escritos que no proporcionan información válida y relevante para la temática a trabajar, además, se descarta literatura que sólo está disponible en forma de resumen o presentación de PowerPoint, para ello se hace un estudio detallado de la documentación seleccionada, que tendrá información respecto al tema pero no aportará directamente a la solución de la pregunta de investigación.

1.4.1 Documentos relevantes

Posterior al análisis efectuado a los documentos, se realiza la selección de los más significativos y que aportan notablemente al desarrollo de la temática expuesta, estos se presentan en la **Tabla 2**, donde se muestra algunas características de estos escritos, tales como título, autores, año y publicación.

Tabla 2. Resultados de la búsqueda de documentos.

N°	TÍTULO DEL ARTÍCULO	AUTORES	AÑO	PUBLICACIÓN
1	Informe final para optar al título de abogado	Leonar Hernando Forero Jimeno Arce Tania Del Pilar Sanabria	2012	Departamento De Investigaciones Científicas De La Facultad De Derecho Y Ciencias Políticas
2	DECRETO 064	Gustavo Petro	2012	Registro Distrital 4837 del 16 de febrero de 2012.
3	Energía para el desarrollo	Periódico el colombiano	2011	Periódico el colombiano
4	Sector Eléctrico Nacional	ASOCODIS	2010	UPME
5	Nueva arquitectura abierta de tiempo real para la facturación in-situ de abonados eléctricos	Rodrigo Alberto Salazar Calvo Ricardo Linares Ruiz Germán Andrés Holguín	2007	Revista Scientia Et Technica
6	Smart Meters and Smart Meter Systems: A Metering Industry Perspective	Edison Electric Institute (EEI) The Association of Edison Illuminating Companies (AEIC) Utilities Telecom Council	2011	Edison Electric Institute

7	Smart Grid: Las TICs y la modernización de las redes de energía eléctrica – Estado del Arte	Carlos Andrés Díaz Andrade Juan Carlos Hernández	2011	Revista S&T
8	Diseño de una interfaz prepago de energía eléctrica para contadores electrónicos monofásicos residenciales	Mauricio Holguín Londoño Germán A. Holguín Álvaro Ángel Orozco Gutiérrez	2013	Revista Scientia Et Technica
9	Sistema electrónico para la adquisición, procesamiento y comunicación de las señales eléctricas para el uso en redes inteligentes (Smart Grids)	Carlos I. Camargo B M. Asprilla Nelson F. Rosas	2013	Revista Ingenium
10	Redes de Telecomunicación para el desarrollo de las Redes Inteligentes Eléctricas	Pedro Blanco González Miguel Ángel Sánchez Fornié	2013	Revista Bit
11	Comunicaciones celulares para medición inteligente de energía eléctrica en sistemas de distribución	Esteban Inga Ortega Diego Arias Cazco Víctor Orejuela Luna Juan Inga Ortega4	2013	Revista de ciencia y tecnología INGENIUS
12	Estudio preliminar sobre la viabilidad de la implementación de medidores inteligentes de energía en los estratos 1, 2 y 3 de Cali	Victoria Eugenia Pérez Vélez	2013	Universidad del Valle
13	Smarter than metering? Coupling smart meters and complementary currencies to reinforce the motivation of households for energy savings	Hélène Joachain Frédéric Klopfert	2014	Revista ELSEVIER
14	Optimal Planning for Cellular Networks for Smart Metering	Paúl Masache Esteban Inga Roberto Hincapié	2015	Revista INGE CUC

	Infrastructure in Rural and Remote Areas			
15	Medidor electrónico interactivo de consumo de energía eléctrica para uso residencial	Jhonier López Hurtado Juan Camilo Arias Murillo Edwin Andrés Quintero Salazar	2016	Revista Prospect
16	Creatividad, Innovación y Desarrollo de Nuevos productos	Bernabé Hernandis Ortuño Marcela Cabello Mora.	2006	DISSENY
17	VHDL lenguaje para descripción y modelado de circuitos	F. P. Carpio	1997	Universidad de Valencia
18	Descripción en VHDL de arquitecturas para implementar el algoritmo CORDIC	R. J. SCHWEERS	2002	Universidad Nacional de la Plata, Argentina
19	Ley 142 de 1994	Senado de la República De Colombia	1994	Diario Oficial 41433 del 11 de julio de 1994
20	Ley 143 de 1994	Senado de la República De Colombia	1994	Diario Oficial 41434 del 12 de julio de 1994
21	DECRETO 3087	Ernesto Samper Pizano	1997	Diario Oficial 43205 del 31 de diciembre de 1997
22	Resolución UPME 0355	Carlos Arturo Flores Piedrahita	2004	Diario Oficial 45611 de julio 16 de 2004
23	Subsidios Eléctricos	Mario Andrés Pavez Ovalle Gonzalo Antonio Venegas Molina	-	Pontificia Universidad Católica de Chile
24	Normas de montajes complementarios de instalación del medidor de energía prepago [RA6-016]",	Subgerencia de redes y distribución de EPM	2005	EPM, Medellín
25	"¿Cómo funciona la nueva tarifa eléctrica por horas en España?"	-	2015	Periódico Cincodias, España
26	Especificación técnica ET927 Medida centralizada	CODENSA	2014	CADENSA, Bogotá D.C.

27	Análisis del comportamiento energético y consumo de gas natural en auditorías energéticas en santa rosa, la Pampa	Carolina Vagge Celina Filippin Jorge Czajkowski	2008	La Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES)
28	Borrador decreto sobre "lineamientos de política pública para incentivar la autogeneración a pequeña escala, la gestión de la demanda de energía eléctrica y la medición inteligente"	María Lorena Gutiérrez	2016	Ministerio de Minas y Energía. Bogotá, D.C.

Fuente: Propia.

1.5 Palabras clave

A partir de las palabras claves y temáticas centrales, se procede a realizar un análisis de los documentos consignados en la **Tabla 2**, con el objetivo de diseñar un esquema de clasificación, el cual contará con ciertos módulos de desarrollo, en donde se organizarán y clasificarán los artículos. En la **Tabla 3**, se observa a continuación dicho proceso:

Tabla 3. Resultados de las palabras claves en los documentos.

N°	AÑO	PALABRAS CLAVE (KEYWORDING)	TEMA CENTRAL
1	2012	Derecho Familias Distribución modelos	Análisis de mínimos vitales en el marco del estado social de derecho en Colombia.
2	2012	Mínimo vital Agua Potable Sectores populares	Mínimo vital de agua potable en Bogotá D.C.
3	2011	Energía Eléctrica	Capacidad instalada de generación de energía eléctrica en Colombia.
4	2010	Energía Eléctrica.	Estudio al sector eléctrico Colombiano en el año 2008
5	2007	Facturación, Bluetooth Red celular	Metodología de facturación in-situ para hacer más eficiente y

		Lectura automática de medidores.	económico el proceso de facturación actual de abonados eléctricos,
6	2011	Smart Meter. Systems. Management Role. Security.	Análisis y una visión general del medidor de energía inteligente y los sistemas de estos
7	2011	Smart Grid Generación distribuida Fuentes de energía renovables Gestión de la red eléctrica Independencia de combustibles fósiles Vehículos eléctricos Gases efecto invernadero TIC.	Aportes de tecnologías Smart Grid al medio ambiente
8	2013	Automatización Contador prepago de energía Microcontrolador Pérdidas no técnicas.	Planteamiento de un sistema prepago y de recarga
9	2013	Medición de energía Calidad de energía Sistemas embebidos GNU/Linux.	Diseño y construcción de dispositivos de medida a partir de plataformas inteligentes
10	2013	Smart Grid Telecomunicaciones	Redes de telecomunicaciones aplicadas en el desarrollo de las Smart Grid
11	2013	Planificación de la Distribución, Medición Inteligente, Redes Eléctricas Inteligentes Redes Inalámbricas Respuesta de la Demanda Sistema de Gestión de la Demanda Infraestructura Avanzada de Medición Interoperabilidad Comunicaciones Móviles Operador Móvil Virtual - OMV.	Ventajas y aplicación de una infraestructura de telecomunicaciones a la medición inteligente.
12	2013	Medición Inteligente, Interoperabilidad.	Estudio para el uso de redes inteligentes en Colombia

13	2014	Energy saving Motivation Complementary currencies Smart metering Innovative policy instruments Households Energy consumption	Ahorro energético con la medición inteligente en la Unión Europea.
14	2015	Smart Grid, Smart Metering AMI Cellular Network Optimal Planning Traffic Optimal Routing.	Reutilización de la infraestructura de redes eléctricas para el uso de sistemas AMI.
15	2016	Medidor de energía eléctrica Lectura automática del medidor (AMR) Energía activa; Medidores inteligentes.	Diseño e implementación de un medidor electrónico
16	2006	Pasos. Hardware. Soluciones. Investigación.	Metodologías de diseño hardware: <i>Top Down</i> y <i>Bottom up</i> .
17	1997	Componentes. Independencia. Sistema. Diseño. Errores. Lenguaje. Vdhl.	Comprender el lenguaje VDHL y sus componentes, a partir de una metodología de diseño.
18	2002	Sistema. Requerimientos. Vdhl. Algoritmo. Sistema. Compilación.	Arquitecturas y modelos para implementar el algoritmo CORDIC.
19	1994	Servicios Domiciliarios. Servicios Públicos. Consumos mínimos. Consumos básicos. Mínimo vital. Energía eléctrica. Gas. Agua potable. Consumo subsidiado.	Condiciones con las que se deben prestar los servicios públicos en Colombia.

		Consumo de Supervivencia Calidad de vida. Sectores populares.	
20	1994	Consumos mínimos. Consumos básicos. Mínimo vital. Energía eléctrica. Gas.	Establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en Colombia.
21	1997	Consumos mínimos. Consumos básicos. Energía eléctrica. Gas. Consumo subsidiado. Consumo de Supervivencia. Supervivencia. Calidad de vida. Sectores populares.	Consumo de servicios públicos de energía eléctrica y gas combustible en Colombia.
22	2004	Subsistencia. Consumo. Kwh-mes. Metodología.	Cambio en el consumo de subsistencia del servicio de energía eléctrica en Colombia.
23	2005	Energía Eléctrica Consumos mínimos Consumos básicos Mínimo vital Consumo subsidiado Consumo de Supervivencia	Estudio del subsidio de energía eléctrica en el ámbito nacional chileno e internacional
24	2005	Sistema. Nivel. Carga. Normas. Reconector. Conexión.	Establecer especificaciones técnicas de los equipos, criterios de selección y montaje de los sistemas de medición.
25	2015	Telegestión. Inteligente. Virtual. Medidor. Distribuidor.	Cómo funciona la nueva tarifa eléctrica por horas en España.
26	2014	Centralizada. Software. Reconexión. Técnicas.	Requerimientos mínimos que deben cumplir los sistemas de medida centralizada.

27	2008	Gas. Piloto. Edificios. Centralizado. Sistema. Distribución.	Comportamiento y consumo energético de gas natural en Santa Rosa, la Pampa.
28	2016	Ministerio de Minas y Energía. Energía eléctrica. Medición inteligente.	“establecen lineamientos de política pública para incentivar la autogeneración a pequeña escala, la gestión de la demanda de energía eléctrica y la medición inteligente”

Fuente: **Propia.**

1.5.1 Esquema de clasificación

Dentro del esquema de clasificación se proponen 3 espacios para la categorización, ver **Figura 2**, de los documentos mencionados en la **Tabla 3**:



Figura 2. Esquema de clasificación.

Fuente: *Propia.*

1.6 Extracción de datos

Se observa a continuación el mapa sistemático concerniente al esquema de clasificación y a los documentos previamente evaluados y categorizados:

1.6.1 Mapa sistemático

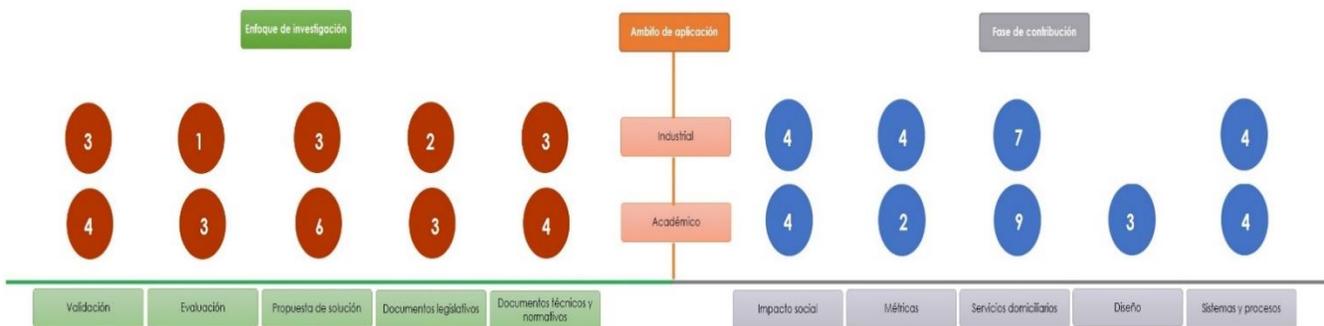


Figura 3. Mapeo Sistemático.

Fuente: Propia

Se puede concluir que hay una gran tendencia en el ámbito de clasificación para realizar artículos industriales que conlleven a una validación académica, ya sea en un marco legal, normativo o técnico. Dado lo anterior, el diseño de sistemas y procesos garantizan la ejecución de sistemas y procesos óptimos en cuanto a servicios domiciliarios, teniendo en cuenta las métricas de los distintos escenarios geográficos, generando de esta manera un impacto social, ver **Figura 2**.

2 Análisis comparativo, discusión y conclusión

El objetivo principal en esta sección, es dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas y determinar el enfoque que los diferentes autores dan a sus documentos, a partir del estudio y análisis de los artículos seleccionados con anterioridad.

De los documentos expuestos en la **Tabla 2**. Resultados de la búsqueda de documentos., 16 contribuyen a dar solución a la primera pregunta de investigación, para el diseño del mecanismo técnico que permita implementar y garantizar el mínimo vital de energía eléctrica en Colombia en los estratos socioeconómicos bajos, es necesario seguir normativas que aseguren el adecuado funcionamiento y regulación durante la prestación del servicio energético, para esto seis documentos establecen pautas que aportan a la implementación de los mínimos vitales de los servicios de agua, gas y energía eléctrica en el país ([19], [20], [21], [22], [24], [28]), por otro lado, para la incorporación del mecanismo técnico es necesario el uso de redes de

telecomunicación que permitan la interacción de la compañía prestadora del servicio energético, los usuarios y el dispositivo inteligente, cuatro artículos muestran información respecto a esto ([14], [10], [5], [8]), adicionalmente, estos plantean y aportan al diseño de un medidor inteligente, analizando y planteando sistemas prepago y AMI, también son tomados en cuenta aspectos como la tarifa, los medios para transmitir y recibir información (Bluetooth, USB, interfaces gráficas, comunicación celular etc.) y la reutilización de redes de comunicación existentes. Respecto a las tarifas establecidas y a la población a la que se le otorgan los subsidios eléctricos, dos documentos ([23], [24]) ofrecen información y realizan comparaciones de estos aspectos con otros países como España y Chile. Dos documentos ([7], [27]) aportan al diseño de arquitecturas para la generación y distribución de energía eléctrica en términos de las Smart Grid, teniendo en cuenta el aporte ecológico que puede brindar la incorporación de estas redes y del contador inteligente, además, sugieren la creación de políticas y regulaciones respecto al tema. Finalmente, tres documentos realizan estudios que muestran las ventajas de hacer uso de la medición inteligente.

Por otra parte, cinco documentos realizan un aporte a la solución del segundo interrogante de investigación ([5], [8], [9], [12], [15]), los diferentes autores, realizan simulaciones de los sistemas y mecanismos que plantean con anterioridad en sus documentos. Dado lo anterior, se desarrollan diseños y evaluaciones de posibles dispositivos que posibiliten el cumplir con los requerimientos de sistemas de medida centralizada, a partir de esquemas operacionales de medidores inteligentes de energía eléctrica, en el marco de las Smart Grid.

2.1 Resumen del mapeo sistemático.

La técnica del mapeo sistemático, dio respuesta a las dos preguntas de investigación planteadas satisfactoriamente, donde permitió clasificar documentos, analizar con base en esquemas y diagramas las tendencias en las áreas investigativas tanto teóricas como prácticas.

ANEXO B

BÚSQUEDA SISTEMÁTICA– AMI

Con el fin de resaltar los aspectos técnicos, socioeconómicos y operativos de los potenciales mecanismos que implementen el MVE, se hace necesario la búsqueda de artículos teniendo en cuenta las siguientes cadenas de palabras clave:

- Smart Metering.
- Smart Systems Electric.
- Facturación en sistemas AMI.
- Aspectos técnicos de los medidores inteligentes.
- Aplicaciones de las tecnologías AMI.
- Normativa de las Smart Grid.
- Mercado eléctrico de los sistemas AMI.
- Smart Meters.
- Respuesta a la demanda.
- Automatización de red.
- AMI.
- Smart Grid.

Dado lo anterior, se encontró documentación que aporta de manera significativa al desarrollo y particularidades a tener en cuenta en el diseño de una tecnología de transición inteligente, que se adapte a los medidores de energía eléctrica actuales, bajo el marco técnico y normativo de las tecnologías AMI para estratos socioeconómicos bajos 1 y 2 en Colombia, ver **Tabla 4** y **Tabla 5**.

Tabla 4. Resultados de la búsqueda de artículos para tecnologías AMI.

N°	TÍTULO DEL ARTÍCULO	AUTORES	AÑO	PUBLICACIÓN
1	Analysis on AMI system requirements for effective convergence of distribution automation and AMI systems	P. Balakrishna K. Rajagopal K. S. Swarup	2014	Power India International Conference (PIICON), 2014 6th IEEE
2	Short-Term Price Forecasting Considering Distributed Generation in the Price-Sensitive Environment of Smart Grids	Mohammad R. Aghaebrahimi Hossein Taherian	2016	Renewable Energy & Distributed Generation (ICREDG), 2016 Iranian Conference on
3	Smart AMI based Demand-Response Management in a Micro-grid Environment	Vito Fusco Ganesh K. Venayagamoorthy Stefano Squartini	2016	Power Systems Conference (PSC), 2016 Clemson University
4	Electricity Theft Detection in AMI Using Customers' Consumption Patterns	Paria Jokar Nasim Arianpoo Victor C. M. Leung	-2016	IEEE Transactions on Smart Grid (Volume: 7, Issue: 1, Jan. 2016)
5	Assessment of Transmission Substations for AMI Upgrade (KSA Case Study)	Mohamed Mohandes Dattatray Shinde Ali M. Mashhour	2016	Automatic Control and Dynamic Optimization Techniques (ICACDOT), International Conference on
6	Data Collecting from Smart Meters in an Advanced Metering Infrastructure	M. Popa	2011	Intelligent Engineering Systems (INES), 2011 15th IEEE International Conference on
7	Clustering Approach and Characteristic Indices for Load Profiles	Wanrong Qiu Feng Zhai Zhejing Bao Baofeng Li	2016	Electricity Distribution (CICED), 2016

	of Customers Using Data fromAMI	Qiang Yang Yongfeng Cao		China International Conference on
8	Performance Evaluation of Future AMI Applications in Smart Grid Neighborhood Area Networks	Diego F. Ramírez Sandra Céspedes Carlos Becerra Christian Lazo	2015	Communications and Computing (COLCOM), 2015 IEEE Colombian Conference on
9	Advanced Metering Infrastructure for Real Time Load Management in a Smart Grid	Suryatapa Roy Biswajeet Bedanta S. Dawnee	2015	Power and Advanced Control Engineering (ICPACE), 2015 International Conference on
10	Intelligent Integral Advanced Metering Infrastructure –iAMI	R. Cespedes E. Parra	2013	PowerTech (POWERTECH), 2013 IEEE Grenoble

Fuente: Propia.

Tabla 5. Resultados de la búsqueda de documentos para medición inteligente.

N°	TÍTULO DEL DOCUMENTO	AUTORES	AÑO
1	Una aproximación a la adopción de medidores inteligentes en el mercado eléctrico colombiano y su influencia en la demanda	Natalia Castaño Jaramillo	2013
2	Aplicación de tecnologías de medición avanzada (AMI) como instrumento para reducción de Pérdidas	José Martín Gómez López, Roberto Castán Luna, Julio César Montero Cervantes, Javier Meneses Ruiz y Joaquín García Hernández	2015
3	Lectura, corte y reconexión de energía eléctrica usando la red GSM/GPRS	Franz Bermeo Quesada José Pacheco Delgado Jorge Castro De la Cruz	2009
4	Servicio de medición avanzada (AMI) para redes inteligentes y su adaptabilidad en el marco de la legislación ecuatoriana	Johan Manuel Alvarado B.	2011
5	Estudio para la implementación del sistema de infraestructura de medición avanzada AMI en la empresa eléctrica regional Centro Sur C. A	Marco V. Coronel Gutiérrez	2011

Fuente: Propia.

ANEXO C

METODOLOGÍAS

1. Procedimiento metodológico del proyecto

Para el presente trabajo de grado se hace necesario el uso de un procedimiento que apoye al desarrollo del proyecto, es decir, que proporcione lineamientos para al cumplimiento de los objetivos, se propone el método ingenieril que se describe a continuación:

Método Ingenieril

Este tiene como fin desarrollar productos o procesos que satisfagan una necesidad, a través de la mejor toma de decisiones, este desarrolla una lista de pasos o procedimientos que se adapten a la variabilidad de problemas que se pueden presentar en un ámbito ingenieril:

1. Identificación del problema:

Debe presentarse una definición correcta o apropiada de la problemática a desarrollar, siendo esta la forma adecuada para llegar a la solución, dado que de no ser así se podría llevar a una insertada.

2. Recolección de la información necesaria:

Después de identificada y definida la problemática de forma adecuada es necesaria la recopilación y evaluación de la información ya existente (entrevistas, encuestas, observación directa o lluvia de ideas), generando una bibliografía de documentos antecedentes o relacionados a la temática.

3. Búsqueda de soluciones creativas:

Una vez cumplidos los pasos previos, se comienza a identificar las soluciones creativas, es decir, se generan nuevas ideas originales o innovadoras. Se inicia con una lluvia de ideas desarrolladas desde varios puntos de vista, además, es necesario un listado de características o atributos del producto, con el fin de ser evaluadas y seleccionadas, quedándose con las posiblemente mejores.

4. Pasar de la idea principal al diseño preliminar:

Se descartan las ideas que no interesan, funcionan o no sirven, y se seleccionan las que prometen una solución entran a una etapa de estudio, examen y aceptación para ser moldeadas y modificadas con el fin de formar diseños funcionales.

5. Evaluación y selección de la solución:

En esta fase se evalúan las posibles soluciones y selecciona la que más se adecua a las necesidades planteadas, para así continua con el siguiente paso: generar el diseño más óptimo.

6. Preparación de reportes, planos y especificaciones:

Una vez elegido el diseño óptimo se generan informes, especificaciones y planos que permiten la descripción de los detalles necesarios del diseño para que este sea apoyado y aprobado.

7. Implementación del diseño:

Tras finalizado las especificaciones, informes y planos de ingeniería, se inicia la fase de ejecución, es decir, producir o construir físicamente el producto. Siendo esta la fase de culminación del proceso de diseño y donde ese estar al tanto de toda la información suministrada por los anteriores puntos y debe estar en constante supervisión para conseguir la satisfacción de un resultado exitoso

Por otro lado, es importante también desarrollar una metodología que apoye a la elaboración del mecanismo, viendo este como producto, en el siguiente literal se presenta la descripción de algunas metodologías que aportan a esto.

2. Metodologías de diseño de un producto

Para el planteamiento adecuado del producto a desarrollar es necesario que se tenga conocimiento de algunas metodologías para el desarrollo de productos que pueden contribuir a la selección de una metodología o procedimiento en el presente trabajo.

2.1 Metodología 1: Dinámica de sistemas

Esta metodología busca entender el funcionamiento y comportamiento de sistemas complejos, para crear modelos de sistemas, los pasos con los que está conformado son:

- **Identificación del problema y análisis del comportamiento:**

Es necesario identificar y definir el problema a resolver, se determinan las variables clave, se definen los límites del modelo y se describen los modos de referencia que son los comportamientos que caracterizan al sistema. Para poder ser modelado, la problemática debe ser dinámica, es decir, donde se puedan detectar algún tipo de realimentación.

- **Modelado cualitativo o causas del problema:**
Una vez definido el problema, es necesario identificar los factores considerados causantes del problema de partida. Se elabora la hipótesis dinámica, o diagrama causal, que incluirá los elementos detectadas entre los elementos del sistema, construyendo así el modelo.
- **Modelado cuantitativo:**
Se desarrolla el modelo matemático para ser simulado en una herramienta computacional. Para ello se traduce el diagrama causal a un Diagrama de Forrester o diagramas de flujos, para así obtener las ecuaciones matemáticas que definen el procedimiento del sistema, adicionalmente, se especifican las diferentes variables, magnitudes y se establece como se desarrollara la simulación.
- **Validación del modelo:**
Se verifica el conjunto de ecuaciones sistémicas que constituyen el Modelo Cuantitativo, se valida que el modelo responda al comportamiento especificado con los modos de referencia y se analiza la sensibilidad del modelo. Se contrasta la robustez y la adaptabilidad del modelo en escenarios alternativos y en condiciones extremas.

Esta abarca una etapa final de *implementación* que el presente trabajo no abarca dado que el alcance de este no llega hasta este punto, en esta se prueba la respuesta del modelo a diferentes políticas y se convierten los resultados para que sean comprendidos por las personas que los vayan a usar [1].

2.2 Metodología 2

Para el desarrollo de un producto, esta propuesta metodológica se despliega bajo 2 etapas:

1. Etapa de desarrollo de la estrategia corporativa.
2. Etapa de productos y servicios.

Estas se subdividen o seccionan permitiendo un desarrollo más completo del diseño de un producto, ver

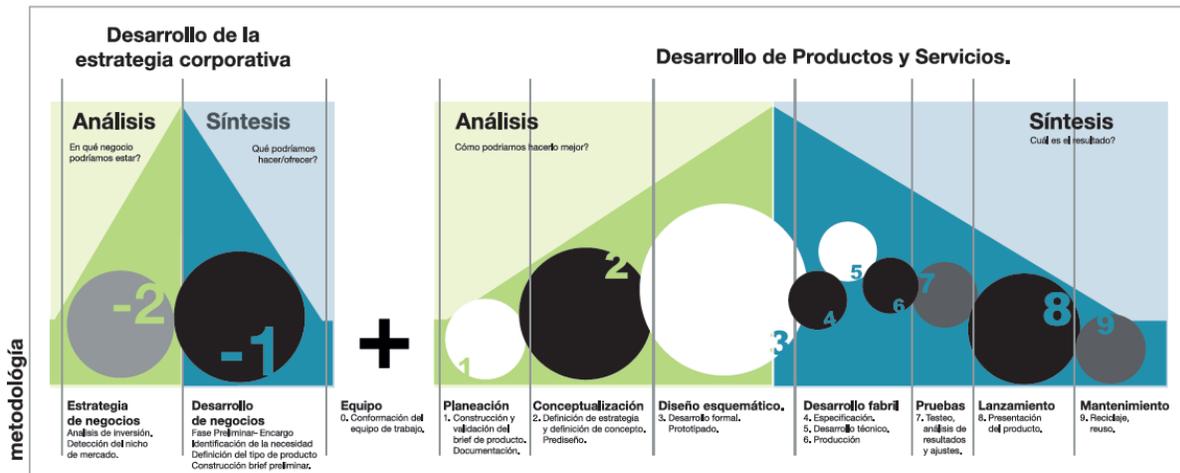


Figura 4. Etapas y secciones de la metodología 2.

Cada una cruza 2 segmentos similares, uno de análisis y otro de síntesis, que permite el avance adecuado del trabajo a medida que se va desarrollando. Inicialmente, el segmento de análisis que da origen a la idea de desarrollo del producto, consta de un análisis, documentación y planeación que permite conocer los horizontes de desarrollo del proyecto junto con las posibilidades del mismo, seguido de esto continua el segmento de síntesis, en esta se desarrolla la acumulación o síntesis del proyecto.

En la etapa de desarrollo de la estrategia corporativa, se analiza lo que una persona o empresa puede ofrecer al mercado o que necesidades existen en este, basándose en los conocimientos previos en este campo, en la fase de evaluación de negocios (fase -2) se define la estrategia que posibilite el encargo requerido y desarrollo de negocios o fase preliminar, (fase -1), se plantean los aspectos relevantes que deberán estar comprendidos en el producto o servicio. Por otro lado en la fase neural o cero se debe conformar el equipo de trabajo que permitirá, gracias a las competencias de cada integrante, el desarrollo adecuado del producto, dicho equipo se conformará según las necesidades y la magnitud del proyecto.

Con respecto a la etapa de Desarrollo de Productos y servicios se divide en 3 fases de análisis y 4 de síntesis. Inicialmente la fase de planeación (fase 1), permite conocer, entender y dimensionar el problema, es necesario tener la documentación necesaria con respecto al perfil requerido del producto para así formar el informe de cómo se desarrollaría el proyecto, iniciando en el diseño y discusión de la idea base, seguido del planeamiento de los objetivos, definición del producto, análisis económico y del equipo de trabajo y por último la validación dicho informe. Finalmente la última fase a considerar es la fase de Conceptualización o definición del concepto del producto, este se lleva a cabo de acuerdo a la estrategia planteada, en esta se realiza un prediseño y se define el plan de cómo lograr el desarrollo del producto, a través de configuraciones para las opciones y alternativas que se pueden presentar.

La metodología desarrolla 7 fases más que no se tomaran en cuenta puesto que los alcances de la presente tesis no llegan hasta tal punto, se desarrolla un estudio sin llegar al prototipo y al desarrollo técnico del producto en cuestión [2].

2.3 Metodología 3: Six Sigma

Consiste en una secuencia de pasos para generar una solución adecuada para un problemática y desarrollar el mejor producto, mejorando así la calidad en el proceso y la aceptación en el mercado, gracias a la eliminación de defectos. Está hace uso de métodos que varían según los fines y usos, algunas de ellas son [3] [4]:

- **DMAIC** (Define-Measure-Analyze-Improve-Control): se utiliza DMAIC para mejorar los procesos que ya existen en una empresa.
- **DMADV** (Define-Measure-Analyze-Design-Verify): se utiliza DMADV en el rediseño de procesos que no alcanzan la mejora.
- **IDOV** (Identify-Design-Optimize-Validate): se aplica IDOV para nuevos procesos o nuevos productos.
- **CQDFSS** (Comercial-Quality-Design-For-Six Sigma): se utiliza para la búsqueda y aseguramiento en introducción de productos o servicios en el mercado.

Dado el caso existente de que se desea mejor la prestación de energía eléctrica para estratos 1 y 2 en Colombia garantizando el MVE, se analizara la metodología six sigma con DMAIC, esta se conforma por 5 fases (Definición, medición, análisis, mejora y control).

1. Definición:

Esta es la parte más significativa para la solución de una problemática o creación de producto, puesto que de esto depende todo el proyecto. En esta fase es necesario que se identifique y se defina la problemática a mejorar, así mismo, se determinan unos pasos para el cumplimiento de las expectativas del proyecto y los requerimientos del cliente o empresa:

- Definir de manera clara los requerimientos del cliente.
- Desarrollar enunciado del problema, metas y beneficios
- Identificar al equipo de trabajo.
- Definir los recursos.
- Evaluar el apoyo organizacional clave.
- Desarrollar el plan del proyecto.
- Desarrollar mapeo del proceso a nivel alto.

2. Medición:

En esta segunda etapa se precisan los defectos y se recolecta la información primordial para el proceso o producto, tanto del mercado en el que se desenvuelve como con los competidores, permitiendo así entender la condición actual de este antes de analizar y plantear mejoras. Los pasos que portan al desarrollo de esta etapa son:

- Definición de unidad, oportunidad, defecto y métrica.
- Mapa del proceso detallado de las áreas apropiadas.
- Desarrollar plan de recolección de datos
- Validar el sistema de medición
- Recolectar datos
- Determinar la capacidad del proceso

3. Análisis:

En esta se analiza la información y datos recolectados del análisis de mercado o del estudio comparativo de productos competidores, el objetivo es entender porque se generan los defectos o errores, analizando así las principales variables que afectan el sistema. Los pasos siguientes contribuyen al desarrollo de esta:

- Definir los objetos de desempeño
- Identificar pasos de valor agregado y de no valor agregado del proceso
- Identificar fuentes de variación
- Determinar las causas raíz

4. Mejora:

Después de analizadas y planteadas las causas que generan los errores o defectos que afectan el proceso, se trata, en esta etapa, de mejorarlos o eliminarlos para así realizar el planteamiento y selección de la solución, es importante realizar una fase de prueba a pequeña escala de esta para determinar si la solución seleccionada funcionará o que cambios se podrían hacer para que pueda ser implementada por completo.

Esta se desarrolla con los siguientes pasos:

- Generar diferentes soluciones para cada una de las causas raíz
- Escoger la mejor solución (matriz)
- Definir tolerancias operacionales del sistema potencial
- Evaluar los modelos de falla de la solución potencial
- Validar mejoras potenciales mediante estudios piloto
- Corregir y/o reevaluar solución potencial

5. Control:

En esta fase no es contemplada en el presente trabajo puesto que el alcance de este no llega hasta tal punto, en esta se desarrolla la elaboración e

implementación de la solución, también se debe garantizar que el proceso modificado funcione de forma estable, predecible y que cumpla con los requisitos del cliente, también es necesario en esta etapa realizar una capacitación con el objetivo de asegurar que todos cuenten con el nivel de formación adecuado.

- Estandarizar el proceso
- Documentar el plan de control
- Monitorear el proceso
- Cerrar y difundir el proyecto

2.4 Metodología 4

La metodología (Sherwood et al, 1998) permite una mejora de la calidad y el eficiencia en las organizaciones que se dedican a la especificación, diseño, producción, evaluación e implementación de la educación y la formación interactivas basadas en los recursos, puesto que proporcionan plantillas y las herramientas de apoyo al desarrollo de modelos para abordar más sistemáticamente el diseño y desarrollo de productos y sistemas multimedia.

La metodología se centra en seis fases de desarrollo multimedia:

- Iniciación
- Especificaciones
- Diseño
- Producción
- Revisión y Evaluación
- Entrega e Implementación.

Cada fase se divide en tres categorías de actividad, con cada categoría subdividida:

- 1) Desarrollo
 - Genérico
 - En línea
- 2) Gestión
 - Legal
 - Proyecto
 - Riesgo
- 3) Apoyo
 - Cambio de control
 - Seguro de calidad
 - Validación y verificación.
 -

FASES Y ACTIVIDADES

- **Iniciación**

Esta fase se concentra en la planificación solicitada para el desarrollo del producto.

Las tareas incluyen la determinación de la estrategia global, los costos asociados con las negociaciones sobre derechos de autor y derechos se incorporan al presupuesto y se identifica el alcance de la gestión de riesgos (riesgos empresariales, técnicos y de proyectos) que se han de realizar. Se establecen políticas de control de cambios, se describen los criterios de aceptación del cliente y se prepara un plan de proyecto preliminar.

- **Presupuesto**

En esta fase se reevalúa la factibilidad del proyecto. Se elaboran especificaciones detalladas de los requisitos funcionales y, en su caso, de los requisitos de rendimiento, contenido y objetivos de los resultados del aprendizaje. Se establecen criterios de prueba y de utilización.

- **Diseño**

Un producto importante de esta fase es el Documento de Diseño que identifica la actividad humana que apoyará el sistema multimedia interactivo propuesto. También identifica a las personas o usuarios que realizarán la actividad y esboza la solución al problema de diseño.

- **Producción**

Dentro de esta fase, el control del cambio es crítico, así como la atención al detalle. Se supervisa y revisa la adhesión a los aspectos y formatos técnicos especificados. La adquisición de medios se finaliza y todos los derechos y / o negociaciones de licencias deben estar completos.

- **Revisión y Evaluación**

Esta fase se produce a lo largo del proceso de desarrollo iterativo. Al final de cada ciclo de conceptualización, especificación, diseño y producción, el producto se examina críticamente antes de iniciar la siguiente iteración. Para los productos y sistemas en línea, la evaluación del mantenimiento se lleva a cabo para examinar su viabilidad en el tiempo.

- **Entrega e Implementación**

El nivel de soporte al cliente, soporte de rendimiento y mantenimiento continuo se finaliza con el cliente. La entrega del producto se formaliza con la firma del cliente de un acuerdo de aceptación. La conducta general del proyecto se revisa con las acciones correctivas recomendadas.

2.5 Metodología 5

Esta metodología tiene como objetivo el diseño y lanzamiento de un nuevo producto innovador, proporcionando un campo más amplio de conocimiento en el desarrollo del mismo.

2.6 Metodología 6: Marco ampliado del proceso de diseño

Esta permite el diseño de un producto bajo las siguientes tres fases de trabajo que permiten la ejecución de un desarrollo y el alcance del objetivo de diseño que se plantee:

- **Fase de Estructuración. Situación Inicial**
En esta se define el problema, deficiencia, necesidad o incongruencia que requiere de modificaciones parciales o de una solución idónea, para esto, se requiere un análisis de documentación que aporte información significativa para dar solución al problema establecido
- **Fase de desarrollo. Aportación de diseño**
En esta se considera la solución operativa del producto, resultado del proceso de diseño y la posibilidad de alcanzar la mejor solución analizando los recursos del grupo, región, condiciones climáticas y de trabajo.
- **Fase de Realización. Confrontación de la aportación de diseño**
Esta fase permite conocer el aporte de la modificación realizada a la situación inicial, puesto que, estas serían consideradas para la elaboración del diseño del producto, después de comparar tanto criterios de diseño como estrategias se procede a la producción.

2.7 Metodología 7

El diseño de un producto se analiza desde 2 puntos de vista, uno desde el marketing y otro desde el ingenieril, estas desarrollan una misma secuencia de pasos que permiten el desarrollo adecuado de un nuevo producto, estos solo presentan variación en la quinta etapa, dado que en el área de marketing se desarrollan pruebas en esta área y en la ingenieril, se deben desarrollar prototipos que permitan ampliar el campo de conocimiento a través de pruebas. En esta se desarrollan 8 etapas:

1. La generación de ideas es la búsqueda sistemática de ideas para productos nuevos.
2. Depuración de ideas, es decir, se centra en las ideas más factibles para convertirse en productos rentables, para la definición del producto.
3. Se plantea la estrategia de mercadeo para la introducción del dicho producto al mercado y la factibilidad técnica del producto
4. Después de definido el concepto del producto y la estrategia, se propone una estrategia de negocio.

5. Si el planteamiento es el más adecuado, se procede al desarrollo del producto y el planteamiento de prototipos para llegar a la solución más óptima.
6. En la etapa de mercadeo de prueba se introduce el producto y el programa de marketing al mercado real.
7. En la comercialización, se establece los momentos para el lanzamiento del producto y el lugar más apto para ello.

2.8 Metodología 8: Desarrollo integrado del producto, un esfuerzo sistemático para mejorar la Ingeniería de Producto/Proceso a través de la conformación de equipos multidisciplinarios de trabajo (DIP/IPP)

- **Introducción**

Presentar la idea a las directivas de la empresa y demostrar los beneficios que se pueden recibir de la Ingeniería Concurrente.

- **Revisión de la dirección**

En esta se debe plantear las estrategias para el cumplimiento del objetivo, realizando una visión general que integre la metodología para implementarla exitosamente apoyada en los cambios requeridos para su desarrollo adecuado.

- **Diagnóstico**

Es necesario realizar un diagnóstico general de la situación del proceso de desarrollo de un producto dentro de la empresa analizando aspectos como: tecnología, recurso humano, organización, información y forma de trabajo en la empresa.

- **Planeación**

En esta se plantea una serie de pasos para el diseño de un producto y la implementación de la ingeniería concurrente, esta planeación incorpora una serie de una serie de actividades que se deben cumplir:

1. *Desarrollo del concepto*: en esta subetapa se debe desarrollar actividades como: mercadeo, reuniones informativas con los clientes y análisis de la calidad para estructurar los requerimientos del cliente.
2. *Ingeniería del producto*: Se debe hacer una definición detallada del producto, en la cual se debe presentar las especificaciones técnicas, la generación de las opciones de diseño del producto, el diseño final de este, realizar prototipos y finalmente pruebas.
3. *Ingeniería del proceso*: Se define el proceso de manufactura requerido para la elaboración del producto.
4. *Producción*: en esta se elabora el producto bajo las condiciones de diseño planteadas.
5. *Pruebas del producto*: Es necesario la realización de pruebas que verifiquen el funcionamiento adecuado de las partes manufacturadas.
6. *Servicio postventa*: Es la atención y mantenimiento del cliente.

- **Ejecución del proyecto**

En esta se ejecuta el proyecto piloto para el diseño y elaboración de un producto bajo el enfoque de ingeniería concurrente, es aquí donde se pone en marcha la etapa de planeación, además se deben presentar informes al finalizar cada subetapa.

- **Retroalimentación y mejora continua**

En esta etapa se realiza la medición de los objetivos alcanzados que serán importantes para mejorar la metodología y permitir la aplicación de esta en la empresa, además, se deben plantear indicadores para evaluar, monitorear y controlar los logros alcanzados.

- **Expansión de la ingeniería concurrente**

Esta etapa aplica y expone los beneficios de la ingeniería concurrente para todas las áreas de la empresa.

ANEXO D

VISITA TÉCNICA AL LABORATORIO DE ENERGÉTICA DE OCCIDENTE

Para la identificación, desarrollo y análisis de adaptaciones a los medidores y mecanismos que permitan de manera adecuada y eficiente la implementación de un MVE en Colombia, tanto para los operadores de red, como para los usuarios y el estado en general, se llevó a cabo la visita técnica a los laboratorios de calibración de medidores de energía eléctrica de la empresa *Energética de Occidente* con sede en la ciudad de Popayán (Cauca). La visita permitió identificar diversos parámetros a tener en cuenta a la hora de diseñar las adaptaciones y posteriormente los mecanismo, dado que las referencias que se tenían con respecto a la clasificación de los medidores de energía eléctrica y del tipo de lectura utilizada en ellos, era un poco dispersa y confusa.

Finalmente, la visita aportó el conocer un documento en el cual estaban consignadas las descripciones y características de los distintos tipos de medidores y técnicas de lectura asociada a ellos.

1. Guía técnica colombiana GTC 122

Según la GTC 122 [5], existen diversos métodos para la toma y análisis de datos, los cuales comprenden desde fallos en la operación de dispositivos de medida de energía eléctrica hasta gestión de fallos y planes de muestreo a corto y largo plazo. Por otro lado, la GTC 122 permite dimensionar mediante una clasificación argumentada los tipos de medidores; los clasifica por complejidad según su fiabilidad, en la cual se observa dicha complejidad, su tecnología y su proceso de fabricación, ver **Tabla 6**

Tabla 6. Clasificación del equipo de medida de la energía eléctrica por su complejidad.

COMPLEJIDAD	DESCRIPCIÓN
Básicos	<ul style="list-style-type: none"> • Medidores de energía sencillos, sin dispositivos internos de control de carga o tarifa; con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicación óptico. • Interruptores horarios y receptores telemando centralizado.
Multienergía	<ul style="list-style-type: none"> • Medidores que, en una única carcasa, miden más de un tipo de energía, con o sin salida de impulso; con o sin puerto de comunicaciones óptico.
Multifunción	<ul style="list-style-type: none"> • Medidores básicos o de multienergía, que incluyen funciones adicionales a las metrológicas básicas, tales como registro de demanda máxima, registro de tiempo de uso, dispositivo de control de tarifa y/o carga. • Con un interruptor horario o un receptor de telemando centralizado.
Medidores con funciones adicionales	<ul style="list-style-type: none"> • Medidores con otras unidades funcionales como PLC, comunicación telefónica o por radio, lectores de bonos de pago, etc.

Fuente: Modificado de [5]

2. Medidores de energía eléctrica encontrados en el laboratorio de energética de occidente

En la visita al laboratorio de energética de occidente, se observaron gran variedad de medidores de energía eléctrica, lo que permitió un mayor conocimiento en cuanto a las tecnologías de transición a implementar en el diseño del mecanismo.

Los medidores más simples en cuanto a configuración, complejidad y tecnología son los medidores electromecánicos, los cuales manejan un sistema de giro de disco para calcular el número de revoluciones en ciertos periodos de tiempo, con la finalidad de calcular el número de KWh consumidos en un mes. Cabe resaltar que este tipo de sistemas analógicos, presentan fallos de calibración y errores de medida, ver **Figura 5**.



Figura 5. Medidores electromecánicos – básicos.

Fuente: Propia.

Los medidores estándar utilizados por energética de occidente para estratos socioeconómicos bajos, son los electrónicos. Este tipo de medidores manejan un sistema digital, por consiguiente, generan periodos de muestreo que posteriormente permiten la lectura de pulsos equivalente a un valor nominal en KWh, además, de contener funciones de lectura óptica, ver **Figura 6**.



Figura 6 Medidores electrónicos – básicos.

Fuente: Propia.

Adicionalmente, los medidores de teledatificación centralizados *SPECTRUM*, son utilizados para planes piloto en edificios que entregan el estado a familias de estratos socioeconómicos bajos. Dichos medidores utilizan como contenedor y núcleo de la información, un concentrador, al cual llegan todos los valores de los parámetros de entrada y salida de cada medidor asignado a cada apartamento; el modo de lectura es automatizado por un dispositivo hardware externo, el cual recoge toda la información del concentrador, por otra parte las familias cuentan con un dispositivo hardware de pequeña envergadura cuya finalidad consiste en ser conectado a un toma corriente para mostrar en su LCD el valor consumido de KWh hasta la fecha, ver **Figura 7**. Además, los medidores multifunción, realizan tareas adicionales que los medidores descritos anteriormente, además de soportar cargas más altas y contener módulos de comunicación serial, USB o adaptaciones inalámbricas para su gestión de manera remota. Dado que son medidores que contienen características de teledatificación y multienergía, son especialmente utilizados en zonas industriales o zonas de alta demanda de energía eléctrica, ver **Figura 8**.



Figura 7. Medidores de teledatificación centralizados – Concentradores de información.

Fuente: Propia.



Figura 8. Medidores multifunción – uso industrial.

Fuente: Propia.

Por otra parte, algunos medidores antes de su instalación necesitan ser calibrados para saber si están en óptimas condiciones para operar y realizar las lecturas de consumo de energía eléctrica, por lo que existe en el laboratorio de energética de occidente, un sistema de verificación y calibración, con la finalidad de comprobar, reparar o de desechar los medidores básicos, anteriormente descritos, ver **Figura 9**.

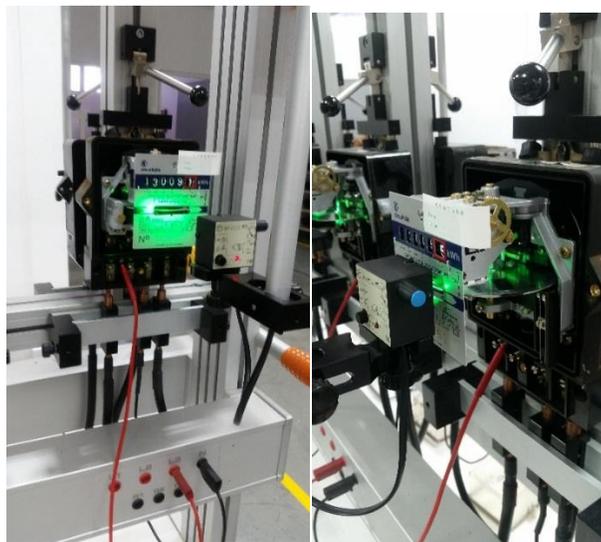


Figura 9. Sistema de calibración de medidores de energía eléctrica.

Fuente: Propia.

Finalmente, conocidos los diferentes tipos de medidores de energía eléctrica manejados por la empresa distribuidora y comercializadora energética de occidente, se determinaron para el presente trabajo de grado, los parámetros y condiciones más óptimos para el diseño de los mecanismos y escenarios que permitan garantizar un MVE en Colombia en estratos socioeconómicos bajos. Por consiguiente, de lo anterior se recoge una clasificación adaptada de las técnicas de lectura asociadas a los tipos de medidores ya descritos.

ANEXO E

PANORAMA DE COSTOS PARA UN PROTOTIPO DE LABORATORIO MVE

Para la implementación de la adaptación propuesta en el presente trabajo de grado, el cual permitirá gestionar el MVE en los medidores actuales, será necesario el uso de elementos que posibiliten el funcionamiento adecuado y eficiente de este, proporcionando tanto para el usuario como para el OR, fácil acceso a la información, los componentes necesarios serán:

- Arduino
- Módulo GSM/GPRS
- LCD
- Lector de NFC
- Relés y Contactores
- Teclado matricial
- Speaker

A. Arduino

Para el uso del código planteado en el Anexo C, se propone usar el Arduino Nano, ver **Figura 10**, éste representará la tarjeta controladora del mecanismo, pues su programación permite funciones tales como: corte y reconexión, porcentaje de MVE y recargas, alarma o despliegue de información, además del gestionamiento de la recolección y almacenamiento de los datos de consumo, [6].

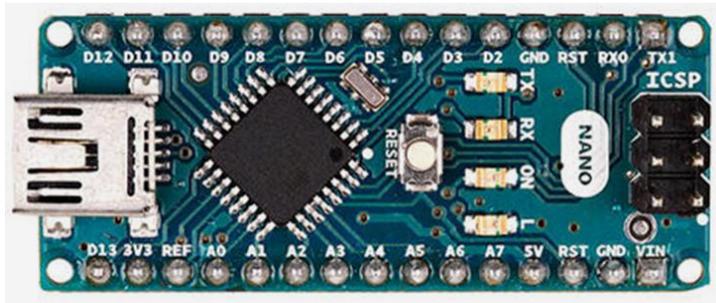


Figura 10. Arduino Nano

Fuente: Tomado de [6].

B. MODULO GSM/GPRS

Dado que, para la implementación del mecanismo en general es necesario el monitoreo remoto, control de alarmas y gestión de consumo tanto local como remoto, se propone el uso en la adaptación del módulo GSM/GPRS A6 mini, ver **Figura 11**, que es ideal para transmisión remota de datos, ya que se encuentra montado sobre un integrado con socket para SIM CARD (micro SIM) y un conector U.FL para antena metálica inalámbrica, que permitirá el envío y recepción de SMS, llamadas y datos GPRS. Éste se comunicará con el Arduino Nano a través del puerto UART [6].



Figura 11. Módulo GSM/GPRS A6 mini

Fuente: Tomada de [6].

C. Pantalla LCD

Para el despliegue de información local se propone el uso de una pantalla Display TC1602A , ver **Figura 12**, este permite visualizar el consumo hasta el momento en que es solicitado, el porcentaje de MVE con el que cuenta y por último, el porcentaje de recarga al que corresponde el valor de recarga introducido, además, éste facilita al usuario observar mensajes de recarga exitosa o finalización del MVE [7].



Figura 12.Pantalla LCD TC1602A.
Fuente: Tomada de [7].

D. Lector NFC

Para el reconocimiento de la tarjeta portadora de la recarga dada por el OR al usuario, es necesario un lector NFC, que se encargue de la comunicación para realizar la lectura inmediata de dicha recarga, es por esto que se propone el módulo lector *RFID-RC522 RF*, ver **Figura 13** [8].



Figura 13: Lector RFID-RC522 RF para NFC.

Fuente: Tomada de [8]

E. Teclado Matricial

Se propone el uso un teclado matricial 4x4, este permite al usuario tener acceso directo con el mecanismo, este posee un tablero 4x4, ver **Figura 14**, es decir, 10 entradas numéricas y 6 entradas alfabéticas, facilitando el acceso a la información de consumo, porcentaje de MVE y acceder a la recarga a través de un PIN dado por el OR, en el caso de que la tarjeta NFC no funcione adecuadamente [9]



Figura 14. Teclado matricial 4x4.

Fuente: Tomada de [9]

F. Speaker

Es necesario el uso de un altavoz que genere un sonido de alarma, es por esto que se propone el Speaker X330N, ver **Figura 15**, este será el encargado de generar un “bip” de alarma cuando el MVE esté llegando a su final o al realizar una recarga, todo esto con el fin de generar aviso al usuario de los sucesos en realizados en el momento.



Figura 15: Speaker X330N

Realizando un estudio y tomando en cuenta la importancia del bajo costo que debe tener la adaptación con respecto a los medidores, se realiza una serie de cotizaciones, tomando en cuenta desde el precio de los elementos electrónicos hasta el diseño y la mano de obra del mismo, ver **Figura 16** y **Figura 17**



DTI DESARROLLO TECNOLOGIA E INGENIO

NIT. 1061773912-1
Régimen Simplificado
Calle 34AN # 10-30 Apto 401

Fecha: 25 de febrero de 2017	Nº cotización: 041
Nombre cliente: Isabel Henríquez	

La presente es la cotización solicitada:

Nº	Descripción	Valor unitario (1-10 unidades)	Valor unitario (10-100 unidades)	Valor unitario (100-1000 unidades)
1	Arduino nano	18000	15000	12000
2	Módulo GSM/GPRS A6 mini	22000	19000	14000
3	Display 1602	8000	7000	5700
4	Lector nfc	8500	6500	5650
5	Teclado Matricial 4x4	6500	5600	4500
6	LED 5 mm	200	170	120
7	Speaker X330N	2500	2175	1900
8	Relay	9000	8050	6185
9	Tarjeta PCB	10000	8800	7063
10	Ensamble mecánico	5000	4400	3100
11	Ensamble electrónico	13000	11600	5000
Costo de unidad según la cantidad a fabricar		102700	88295	65218

Cualquier inquietud, estaremos atentos a resolverla.

JENIFER ANDREA URIBE MARTINEZ
ADMINISTRADORA

Calle 34AN Norte # 10 - 30 B/ Campo Bello - Apto 401 - Popayán Cauca
dtiingenio@gmail.com - miralocolombia@gmail.com
Cel: 315 448 1700

Figura 16. Costos de materiales y ensamble de la adaptación.
Fuente: DTI Electronics

NIT: 900.666.824-5 Régimen Común
 Retenedor de IVA a régimen simplificado
 Contacto: (057) 316 835 1235
 (057) 322 509 0922
 e-mail: ventas@electrotekmega.com
 Carrera 2 # 22BN - 115 Apto 203D
 Popayán - Colombia



Página: 1 de 1

Popayán, 24 de febrero de 2017

Señores:
 DTI Electronics

Cotización 0303

Cotización Desarrollo electrónico				
Ítem	Cantidad	Descripción	Val Unitario	Subtotal
1	1	Revisión de diseño electrónico y diagramación PCB según normas IPC	\$ 1.500.000	\$ 1.500.000
2	1	Diseño y/o selección carcasa plástica para dispositivo tarjeta electrónica	\$ 600.000	\$ 600.000
Subtotal				\$ 2.100.000
IVA 19%				\$ 399.000
				\$ 2.499.000

Validez de la oferta: 20 días calendario.

Forma de pago: Los pagos se realizan a través de consignación o transferencia electrónica (sucursal virtual, PAC o cajero electrónico) de Bancolombia, a la cuenta de ahorros número: 868-149164-31 a nombre de Electrotek Mega Sas. Recuerde que al hacer pago por ventanilla debe adicionar \$11.000 por la comisión bancaria que cobra Bancolombia.

Cualquier inquietud comunicarla a través del correo: ventas@electrotekmega.com
 En espera de sus comentarios,

Atentamente,

Figura 17. Costos de diseño electrónico y diagramación de la adaptación.

Fuente: Electrotek Mega

Con base en la descripción anterior y en las cotizaciones realizadas, se puede resaltar que la elaboración del prototipo de laboratorio de la adaptación a los medidores planteada supera los requisitos financieros necesarios, dado que su costo de producción debe ser menor al de los contadores electrónicos usados, y puesto que este tendría un valor cercano a los \$103.000 pesos COP, pero teniendo en cuenta que la elaboración de este debe ser masivo, el costo de la adaptación comercial sería aproximadamente de \$ 65.000 pesos COP cumple con este requerimiento, verificando así, que su diseño y elaboración es viable para el OR, ver **Figura 16 y Figura 17.**

ANEXO F

ENTORNO DE SIMULACIÓN DEL MVE Y CONFIGURACIÓN PARA SU FUNCIONAMIENTO

El código de simulación es desarrollado en la herramienta *Matlab R2014a*, a partir del análisis del mecanismo I y el tipo de adaptación propuesta para llevar a cabo la implementación del MVE en Colombia. También, se tomaron en cuenta 4 diferentes situaciones representadas en parejas, llevándose a cabo la realización de 2 simulaciones con una resolución de días contados en 2 meses (cada mes representa una situación). Por otro lado, se realizaron 3 simulaciones, con la finalidad de establecer un análisis comparativo entre 2 diferentes resoluciones de lectura del consumo (días y horas) en un periodo de una semana, teniendo en cuenta datos de gasto del flujo de potencia en los hogares de estratos socioeconómicos bajos en el país.

1. Descripción del contenido y organización de los archivos de simulación

En la carpeta principal del presente anexo digital, se encontrarán 3 subcarpetas, ver **Figura 18**.

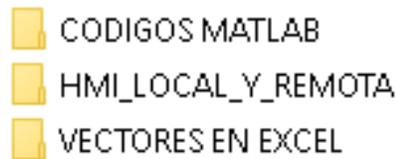


Figura 18. Subcarpetas del anexo digital

Fuente: Propia.

A continuación, se describirá el contenido en cada una de las 3 subcarpetas:

I. Códigos Matlab

En esta subcarpeta se encuentran 4 archivos con extensión *.m*, correspondientes a los códigos de simulación del MVE propuesto en el presente trabajo de grado en la herramienta *Matlab R2014a*, véase en la **Figura 19**.

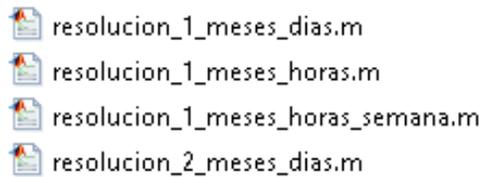


Figura 19. Archivos *.m* – códigos de simulación del MVE.

Fuente: Propia.

A. Archivo: *resolución_1_meses_dias.m*

Inicialmente, se encuentra el código de simulación correspondiente a la resolución en **días** de un mes del consumo de energía eléctrica en un hogar de estrato socioeconómico, el cual se puede observar con detalle en la **Tabla 7**.

Tabla 7. Código de simulación resolución_1_meses_dias.m

```
% SIMULACIÓN DEL MVE EN COLOMBIA CON UNA RESOLUCIÓN DE: 1 MES/días

%ETIQUETADO DE VARIABLES DEL SIMULADOR DEL MVE EN COLOMBIA

% VECTORES

%Vector que genera el consumo simulado por días (hasta 31 - 1 Mes)
vector_consumo=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\Tesis\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','C1:
C61');

%Vector que almacena las recargas.
vector_recarga=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\Tesis\2_SIMULACIONES_MATLAB\Recarga.xls','Hoja1','A1:A61');

%MVE restante
vector_valor_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\Tesis\2_SIMULACIONES_MATLAB\PMVE.xls','Hoja1','A1:A61');

%Vector que almacena el valor en KWH que falta por consumir.
vector_consumo_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\Tesis\2_SIMULACIONES_MATLAB\TMVE.xls','Hoja1','A1:A61');

bandera_consumo_g=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\bandera_consumo.xls','Hoja1','A
1:A61');

% VARIABLES GENERALES

vector_valor_mve(1)=130; % Valor designado del MVE en KWH por
el operador de red.

bandera_consumo=vector_valor_mve(1); %Valor que contiene
el consumo restante del MVE o la RECARGA, con el fin de desarrollar
las comparaciones y procedimientos.

sincronizacion_segundos=0; % Variable que ejecuta ciclos de 5
segundos - 1 segundo/día
```

```

dias_sincronizados=1;          % Variable que simula los días del mes
consumido con una resolución de 1 segundo/día.

dias=1;                        % Variable general que recorre por
ciclos los días del mes consumido.

mes=30;                         % Número de días del mes consumido.

ajuste_tiempo_a=0.1;          % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_b=1.5;          % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_c=1;            % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

recarga_local=0;              % Variable global que se carga con el
valor recargado en la interfaz Local de la GUI.

recarga_remota=0;             % Variable global que se carga con el
valor recargado en la interfaz Remota de la GUI.

%
vector_recarga(dias_sincronizados)=(recarga_local)+(recarga_remot
a); % Variable global que se carga con el valor total recargado.

porcentaje_mve=0;             % Variable global
que permite observar el porcentaje consumido del MVE.

porcentaje_recarga=0;         % Variable
global que permite observar el porcentaje consumido de las
RECARGAS.

recarga_total=1;              %Variable que almacena el total inicial
recargado para poder realizar la operación de porcentaje de
RECARGA.

consumo_total=0;              % Variable global
que permite observar el total de Kwh Consumidos (independiente de
que sea recarga o MVE).

umbral_mve=20;                % Valor definido
en KWH - representa el umbral en el cual se activan las alarmas de
recarga y corte del servicio.

valor_kwh=350;                % Valor designado
en pesos Colombianos correspondiente al precio por KWH consumido
(Varia mensualmente).

correccion_ceros=0;           %Variable que
permite eliminar los errores por signos en las operaciones de
consumo.

%-----

```

```

%SIMULACION DE UN MES DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN COLOMBIA - MVE

while (dias<=mes)

    clc;

    fprintf('MES 1 -->DIA: %d  HORA: %d  RECARGA %2.f  HAY EN KWH
    %2.f\n', dias_sincronizados, sincronizacion_segundos, vector_recarga
    (dias_sincronizados), bandera_consumo);

%-----

%SINCRONIZACIÓN DE CICLOS - 1 - MES >>> (1 día = 1 segundo)

    sincronizacion_segundos=sincronizacion_segundos+1;

    if (sincronizacion_segundos==1)

        sincronizacion_segundos=0;
        dias=dias+1;

        while (dias_sincronizados<=mes)

%-----

% CUANDO HAY SALDO DEL MVE PERO NO HAY RECARGAS REALIZADAS EN EL
SISTEMA

```

```

        if
        ((vector_recarga(dias_sincronizados)<=0)&&((vector_valor_mve(dias_sincronizados)>0))

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=vector_valor_mve(dias_sincronizados)-vector_consumo(dias_sincronizados);

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=vector_consumo_mve(dias_sincronizados);

bandera_consumo=vector_valor_mve(dias_sincronizados+1);

        end

% -----
% CUANDO HAY SALDO DE RECARGAS PERO NO HAY SALDO DE MVE EN EL SISTEMA

        if
        ((vector_valor_mve(dias_sincronizados)<=0)&&((vector_recarga(dias_sincronizados)>0))

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=vector_recarga(dias_sincronizados)-vector_consumo(dias_sincronizados);

vector_recarga(dias_sincronizados+1)=vector_consumo_mve(dias_sincronizados);

bandera_consumo=vector_recarga(dias_sincronizados+1);

        end

% -----
% CUANDO EXISTEN RECARGAS EN EL SISTEMA PERO AUN HAY SALDO DEL MVE

        if
        ((vector_valor_mve(dias_sincronizados)&&(vector_recarga(dias_sincronizados)>0))

```

```

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=vector_valor_mve(dias_sinc
ronizados)-vector_consumo(dias_sincronizados);

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=vector_consumo_mve(dias_si
ncronizados);

bandera_consumo=vector_valor_mve(dias_sincronizados+1);

                                end

% -----
% CUANDO NO EXISTEN RECARGAS NI SALDO DEL MVE

                                if
((vector_valor_mve(dias_sincronizados))&&(vector_recarga(dias_si
ncronizados))<0)

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=vector_valor_mve(dias_sinc
ronizados)-vector_consumo(dias_sincronizados);

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=vector_consumo_mve(dias_si
ncronizados);

bandera_consumo=vector_valor_mve(dias_sincronizados+1);

                                end

% -----

%CORRECCIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.

                                if(bandera_consumo>0)

                                    correccion_ceros=bandera_consumo-
vector_consumo(dias_sincronizados);

                                    elseif(bandera_consumo<=0)

correccion_ceros=bandera_consumo+vector_consumo(dias_sincronizado
s);

                                end

```

```

        if(correccion_ceros<=0)

                porcentaje_mve=0;

consumo_total=consumo_total+vector_consumo(dias_sincronizados)+co
rreccion_ceros;

        end

        if(correccion_ceros>0)

consumo_total=consumo_total+vector_consumo(dias_sincronizados);

        end

%-----

        if(bandera_consumo<=0)

                bandera_consumo=0;

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=0;

vector_valor_mve(dias_sincronizados)=0;

                vector_recarga(dias_sincronizados)=0;

                porcentaje_mve=0;

        end

%-----

        pause(ajuste_tiempo_a);

%CORRECIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.

        if(bandera_consumo>0)

```

```

porcentaje_mve=(vector_valor_mve(dias_sincronizados+1))*100/vector_valor_mve(1);

porcentaje_recarga=(vector_recarga(dias_sincronizados+1))*100/recarga_total;

        end

        if(bandera_consumo<=0)
            porcentaje_mve=0;
            porcentaje_recarga=0;
        end

%-----

                pause(ajuste_tiempo_c);

                fprintf('Hoy consumiste en total:
%2.f\n',vector_consumo(dias_sincronizados));

                fprintf('Te quedan:
%2.f\n',bandera_consumo);

                fprintf('PORCENTAJE DEL MVE
%2.f\n',porcentaje_mve);

                fprintf('PORCENTAJE DE LA RECARGA
%2.f\n',porcentaje_recarga);

                fprintf('EN TOTAL HAS CONSUMIDO
%2.f\n',consumo_total);

%-----

% ALARMA DE UMBRAL DE MVE - Y RECARGA PRE-CORTE

        if(bandera_consumo<=umbral_mve)

                if (bandera_consumo>0)

```

```

        fprintf('Su consumo esta por finalizar,
solo cuenta con, %2.f\n',bandera_consumo);

        end

        if(bandera_consumo<=0)

                bandera_consumo=0;
                vector_recarga(dias_sincronizados)=0;

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=0;

vector_consumo_mve(dias_sincronizados+1)=0;

                fprintf('Su consumo ha finalizado,
CORTE, %2.f\n',bandera_consumo);

                pause(ajuste_tiempo_b);

                reclocal=input('ingrese su
recarga:');

vector_recarga(dias_sincronizados)=reclocal/valor_kwh;

vector_recarga(dias_sincronizados+1)=vector_recarga(dias_sincroni
zados);

bandera_consumo=vector_recarga(dias_sincronizados+1);

                recarga_total=bandera_consumo;

if(vector_recarga(dias_sincronizados)<=0)

```

```

vector_consumo(dias_sincronizados+1)=0;

                                end

                                vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=0;
                                fprintf('RECARGA                                EXITOSA,
%2.f\n',vector_recarga(dias_sincronizados+1));

                                end

                                end

%-----

                                dias_sincronizados=dias_sincronizados+1;
                                break
                                end

                                end

                                pause(ajuste_tiempo_b);

end

% -----
% GRAFICOS DE SIMULACIÓN
                                hold on

                                plot(vector_consumo, 'or')

```

```

        title('CONSUMO ELÉCTRICO SEMANAL (Por días)');
        xlabel('Dias');
        ylabel('KWH');
        axis([1 7 4 5]);

grid

```

Fuente: Propia.

B. Archivo: resolución_1_meses_horas.m

Así mismo, se realiza una simulación correspondiente a la resolución en **horas** de un mes (separado por asintotas cada 24 horas), este archivo se encuentra el código, ver **Tabla 8**.

Tabla 8. Código de simulación resolución_1_meses_horas.m

```

clc, clear all, close all

%-----

% SIMULACIÓN DEL MVE EN COLOMBIA CON UNA RESOLUCIÓN DE: 1
MES/horas

%ETIQUETADO DE VARIABLES DEL SIMULADOR DEL MVE EN COLOMBIA

% VECTORES

%Vectores que genera el consumo simulado por días (168 datos de
consumo)

vector_consumo=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A1:
A169');

```

```

vector_consumom=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A1:
A24');

vector_consumo1=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A25
:A48');

vector_consumo2=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A49
:A72');

vector_consumo3=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A73
:A96');

vector_consumo4=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A97
:A120');

vector_consumo5=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A12
1:A144');

vector_consumo6=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A14
5:A168');

%Vector que almacena las el consumo paso a paso entre el MVE y
las RECARGAS.

vector_recarga=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\Recarga.xls','Hoja1','A1:A169')
;

%MVE restante

vector_valor_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\PMVE.xls','Hoja1','A1:A169');

%Vector que almacena el valor en KWH que falta por consumir.

vector_consumo_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\TMVE.xls','Hoja1','A1:A169');

% VARIABLES GENERALES

vector_valor_mve(1)=130;      % Valor designado del MVE en KWH por
el operador de red.

```

```

bandera_consumo=vector_valor_mve(1);           %Valor que contiene
el consumo restante del MVE o la RECARGA, con el fin de
desarrollar las comparaciones y procedimientos.

sincronizacion_segundos=0; % Variable que ejecuta ciclos de 5
segundos - 1 segundo/día

horas_sincronizadas=1;           % Variable que simula los horas del
mes consumido con una resolución de 1 segundo/día.

horas=1;                          % Variable general que recorre por
ciclos los días del mes consumido.

mes=720;                            % Número de días del mes consumido.

ajuste_tiempo_a=0.1;             % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_b=1;               % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_c=0.6;             % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

recarga_local=0;                 % Variable global que se carga con el
valor recargado en la interfaz Local de la GUI.

recarga_remota=0;                % Variable global que se carga con el
valor recargado en la interfaz Remota de la GUI.

porcentaje_mve=0;                % Variable global
que permite observar el porcentaje consumido del MVE.

porcentaje_recarga=0;            % Variable
global que permite observar el porcentaje consumido de las
RECARGAS.

recarga_total=1;                 %Variable que almacena el total
inicial recargado para poder realizar la operación de porcentaje
de RECARGA.

consumo_total=0;                 % Variable global
que permite observar el total de Kwh Consumidos (independiente de
que sea recarga o MVE).

umbral_mve=20;                   % Valor definido
en KWH - representa el umbral en el cual se activan las alarmas
de recarga y corte del servicio.

valor_kwh=350;                   % Valor
designado en pesos Colombianos correspondiente al precio por KWH
consumido (Varia mensualmente).

correccion_ceros=0;              %Variable que
permite eliminar los errores por signos en las operaciones de
consumo.

```

```

%-----
%SIMULACION DE UN MES DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN COLOMBIA - MVE

while (horas<=mes)

    clc;

    if(horas==719)

        fprintf('SE TERMINO TU PRIMER MES\n');
        pause(ajuste_tiempo_c);
        pause(ajuste_tiempo_c);
        clc;
    end

    fprintf('MES 1 -->HORAS: %d HORAS: %d RECARGA %2.f HAY
EN KWH
%2.f\n',horas_sincronizadas,sincronizacion_segundos,vector_recarga
a(horas_sincronizadas),bandera_consumo);

%-----
%SINCRONIZACIÓN DE CICLOS - 1 - MES >>> (1 hora = 1segundos) (24
horas = 1e segundos)

%                               (720 segundos = 30 dias =
1 MES)

    sincronizacion_segundos=sincronizacion_segundos+1;

    if (sincronizacion_segundos==1)

        sincronizacion_segundos=0;

```

```

        horas=horas+1;

        while (horas_sincronizadas<=mes)

% -----
% CUANDO HAY SALDO DEL MVE PERO NO HAY RECARGAS REALIZADAS EN EL
% SISTEMA

                if
((vector_recarga(horas_sincronizadas)<=0)&&((vector_valor_mve(h
oras_sincronizadas)>0))

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas)=vector_valor_mve(horas_si
ncronizadas)-vector_consumo(horas_sincronizadas);

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=vector_consumo_mve(horas_
sincronizadas);

bandera_consumo=vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1);

                end

% -----
% CUANDO HAY SALDO DE RECARGAS PERO NO HAY SALDO DE MVE EN EL
% SISTEMA

                if
((vector_valor_mve(horas_sincronizadas)<=0)&&((vector_recarga(h
oras_sincronizadas)>0))

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas)=vector_recarga(horas_sinc
ronizadas)-vector_consumo(horas_sincronizadas);

vector_recarga(horas_sincronizadas+1)=vector_consumo_mve(horas_si
ncronizadas);

bandera_consumo=vector_recarga(horas_sincronizadas+1);

                end

```

```

% -----
% CUANDO EXISTEN RECARGAS EN EL SISTEMA PERO AUN HAY SALDO DEL
MVE

        if
((vector_valor_mve(horas_sincronizadas))&&(vector_recarga(horas_
sincronizadas)))>0)

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas)=vector_valor_mve(horas_si
ncronizadas)-vector_consumo(horas_sincronizadas);

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=vector_consumo_mve(horas_
sincronizadas);

bandera_consumo=vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1);

        end

% -----
%CORRECCIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.

        if(bandera_consumo>0)

            correccion_ceros=bandera_consumo-
vector_consumo(horas_sincronizadas);

            elseif(bandera_consumo<=0)

correccion_ceros=bandera_consumo+vector_consumo(horas_sincronizad
as);

        end

        if(correccion_ceros<=0)

            porcentaje_mve=0;

consumo_total=consumo_total+vector_consumo(horas_sincronizadas)+c
orreccion_ceros;

```

```

        end

        if(correccion_ceros>0)

consumo_total=consumo_total+vector_consumo(horas_sincronizadas);

        end

%-----

        if(bandera_consumo<=0)

                bandera_consumo=0;

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas)=0;

vector_valor_mve(horas_sincronizadas)=0;

vector_recarga(horas_sincronizadas)=0;

                porcentaje_mve=0;

        end

%-----

        pause(ajuste_tiempo_a);

%CORRECCIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.

        if(bandera_consumo>0)

porcentaje_mve=(vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1))*100/vector_valor_mve(1);

porcentaje_recarga=(vector_recarga(horas_sincronizadas+1))*100/recarga_total;

        end

        if(bandera_consumo<=0)

                porcentaje_mve=0;

```

```

        porcentaje_recarga=0;

        end

%-----

        pause(ajuste_tiempo_c);

        fprintf('Hoy consumiste en total:
%2.f\n',vector_consumo(horas_sincronizadas));

        fprintf('Te quedan:
%2.f\n',bandera_consumo);

        fprintf('PORCENTAJE DEL MVE
%2.f\n',porcentaje_mve);

        fprintf('PORCENTAJE DE LA RECARGA
%2.f\n',porcentaje_recarga);

        fprintf('EN TOTAL HAS CONSUMIDO
%2.f\n',consumo_total);

%-----

% ALARMA DE UMBRAL DE MVE - Y RECARGA PRE-CORTE

        if(bandera_consumo<=umbral_mve)

                if (bandera_consumo>0)

                        fprintf('Su consumo esta por finalizar,
solo cuenta con, %2.f\n',bandera_consumo);

                end

                if(bandera_consumo<=0)

                        bandera_consumo=0;

                        vector_recarga(horas_sincronizadas)=0;

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=0;

```

```

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas+1)=0;

                fprintf('Su consumo ha finalizado,
CORTE, %2.f\n',bandera_consumo);

                pause(ajuste_tiempo_b);

while(vector_recarga(horas_sincronizadas)<=0)

                reclocal=input('ingrese su
recarga:');

vector_recarga(horas_sincronizadas)=reclocal/(valor_kwh);

vector_recarga(horas_sincronizadas+1)=vector_recarga(horas_sincro
nizadas);

bandera_consumo=vector_recarga(horas_sincronizadas+1);

                recarga_total=bandera_consumo;

                end

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=0;

                fprintf('RECARGA EXITOSA,
%2.f\n',vector_recarga(horas_sincronizadas+1));

                end

                end

%-----
                horas_sincronizadas=horas_sincronizadas+1;

                break

                end

```

```

end

    pause(ajuste_tiempo_b);

end

hold on

% -----
% GRAFICOS DE SIMULACION--> consumo semanal visto por dias en
una resolución de 24 horas

    plot(vector_consumo1, 'c')
    plot(vector_consumo2, 'm')
    plot(vector_consumo3, 'g')
    plot(vector_consumo4, 'k')
    plot(vector_consumo5, 'r')
    plot(vector_consumo6, 'y')
    plot(vector_consumom, 'b')
    title('CONSUMO ELÉCTRICO SEMANAL (Por horas)');
    xlabel('Horas');
    ylabel('KWH');
    axis([0 24 0.1 0.25]);

grid

```

Fuente: Propia.

C. Archivo: resolución_1_meses_horas_semana.m

Igualmente, en este archivo se encuentra el código de simulación correspondiente a la resolución en **horas** del consumo de una semana dividido en curvas que representan los **7 días (24 horas)** de la semana, ver **Tabla 9**

Tabla 9. Código de simulación resolución_1_meses_dias.m

```
clc, clear all, close all

%-----

% SIMULACIÓN DEL MVE EN COLOMBIA CON UNA RESOLUCIÓN DE: 1 MES
(semana)/horas

%ETIQUETADO DE VARIABLES DEL SIMULADOR DEL MVE EN COLOMBIA

% VECTORES

%Vectores que genera el consumo simulado por días (168 datos de
consumo)

vector_consumo=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A1:
A169');

vector_consumom=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A1:
A24');

vector_consumo1=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A25
:A48');

vector_consumo2=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A49
:A72');

vector_consumo3=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A73
:A96');
```

```

vector_consumo4=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A97
:A120');

vector_consumo5=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A12
1:A144');

vector_consumo6=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\datoshorasmes.xls','Hoja1','A14
5:A168');

%Vector que almacena las el consumo paso a paso entre el MVE y
las RECARGAS.

vector_recarga=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\Recarga.xls','Hoja1','A1:A169')
;

%MVE restante

vector_valor_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\PMVE.xls','Hoja1','A1:A169');

%Vector que almacena el valor en KWH que falta por consumir.

vector_consumo_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\TMVE.xls','Hoja1','A1:A169');

% VARIABLES GENERALES

vector_valor_mve(1)=130;      % Valor designado del MVE en KWH por
el operador de red.

bandera_consumo=vector_valor_mve(1);      %Valor que contiene
el consumo restante del MVE o la RECARGA, con el fin de
desarrollar las comparaciones y procedimientos.

sincronizacion_segundos=0; % Variable que ejecuta ciclos de 5
segundos - 1 segundo/día

horas_sincronizadas=1;      % Variable que simula los horas del
mes consumido con una resolución de 1 segundo/día.

horas=1;      % Variable general que recorre por
ciclos los días del mes consumido.

mes=168;      % Número de días del mes consumido.

```

```

ajuste_tiempo_a=0.1;           % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_b=1;             % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_c=0.6;          % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

recarga_local=0;               % Variable global que se carga con el
valor recargado en la interfaz Local de la GUI.

recarga_remota=0;              % Variable global que se carga con el
valor recargado en la interfaz Remota de la GUI.

porcentaje_mve=0;              % Variable global
que permite observar el porcentaje consumido del MVE.

porcentaje_recarga=0;          % Variable
global que permite observar el porcentaje consumido de las
RECARGAS.

recarga_total=1;               %Variable que almacena el total
inicial recargado para poder realizar la operación de porcentaje
de RECARGA.

consumo_total=0;               % Variable global
que permite observar el total de Kwh Consumidos (independiente de
que sea recarga o MVE).

umbral_mve=20;                 % Valor definido
en KWH - representa el umbral en el cual se activan las alarmas
de recarga y corte del servicio.

valor_kwh=350;                 % Valor
designado en pesos Colombianos correspondiente al precio por KWH
consumido (Varia mensualmente).

correccion_ceros=0;            %Variable que
permite eliminar los errores por signos en las operaciones de
consumo.

%-----

%SIMULACION DE UN MES DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN COLOMBIA - MVE

while (horas<=mes)

    clc;

```

```

if(horas==167)

    fprintf('SE TERMINO TU PRIMER MES\n');

    pause(ajuste_tiempo_c);

    pause(ajuste_tiempo_c);

    clc;

end

    fprintf('MES 1 -->HORAS: %d HORAS: %d RECARGA %2.f HAY
EN KWH
%2.f\n',horas_sincronizadas,sincronizacion_segundos,vector_recarga
a(horas_sincronizadas),bandera_consumo);

%-----

%SINCRONIZACIÓN DE CICLOS - 1 - MES >>> (1 hora = 1segundos) (24
horas = 24 segundos)

%                                     (168 segundos = 7 días =
1 semana)

    sincronizacion_segundos=sincronizacion_segundos+1;

    if (sincronizacion_segundos==1)

        sincronizacion_segundos=0;

        horas=horas+1;

        while (horas_sincronizadas<=mes)

%-----

```

```

% CUANDO HAY SALDO DEL MVE PERO NO HAY RECARGAS REALIZADAS EN EL
SISTEMA

        if
((vector_recarga(horas_sincronizadas))<=0)&&((vector_valor_mve(h
oras_sincronizadas))>0))

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas)=vector_valor_mve(horas_si
ncronizadas)-vector_consumo(horas_sincronizadas);

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=vector_consumo_mve(horas_
sincronizadas);

bandera_consumo=vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1);

        end

% -----%
% CUANDO HAY SALDO DE RECARGAS PERO NO HAY SALDO DE MVE EN EL
SISTEMA

        if
((vector_valor_mve(horas_sincronizadas))<=0)&&((vector_recarga(h
oras_sincronizadas))>0))

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas)=vector_recarga(horas_sinc
ronizadas)-vector_consumo(horas_sincronizadas);

vector_recarga(horas_sincronizadas+1)=vector_consumo_mve(horas_si
ncronizadas);

bandera_consumo=vector_recarga(horas_sincronizadas+1);

        end

% -----
% CUANDO EXISTEN RECARGAS EN EL SISTEMA PERO AUN HAY SALDO DEL
MVE

        if
((vector_valor_mve(horas_sincronizadas))&&(vector_recarga(horas_
sincronizadas))>0)

```

```

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas)=vector_valor_mve(horas_sincronizadas)-vector_consumo(horas_sincronizadas);

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=vector_consumo_mve(horas_sincronizadas);

bandera_consumo=vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1);

                                end

% -----
%CORRECCIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.

                                if(bandera_consumo>0)

                                    correccion_ceros=bandera_consumo-
vector_consumo(horas_sincronizadas);

                                elseif(bandera_consumo<=0)

vector_consumo(horas_sincronizadas)+bandera_consumo;

                                end

                                if(correccion_ceros<=0)

                                    porcentaje_mve=0;

vector_consumo(horas_sincronizadas)+correccion_ceros;

                                end

                                if(correccion_ceros>0)

vector_consumo(horas_sincronizadas)+bandera_consumo;

                                end

                                consumo_total=consumo_total+vector_consumo(horas_sincronizadas)+
correccion_ceros;

                                end

                                consumo_total=consumo_total+vector_consumo(horas_sincronizadas);

                                end

```

```

%-----
        if (bandera_consumo <= 0)
            bandera_consumo = 0;

vector_consumo_mve (horas_sincronizadas) = 0;

vector_valor_mve (horas_sincronizadas) = 0;

vector_recarga (horas_sincronizadas) = 0;
            porcentaje_mve = 0;
        end

%-----

        pause (ajuste_tiempo_a);

%CORRECCIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.
        if (bandera_consumo > 0)

porcentaje_mve = (vector_valor_mve (horas_sincronizadas + 1)) * 100 / vector_valor_mve (1);

porcentaje_recarga = (vector_recarga (horas_sincronizadas + 1)) * 100 / recarga_total;

            end

        if (bandera_consumo <= 0)
            porcentaje_mve = 0;
            porcentaje_recarga = 0;
        end

%-----

```

```

        pause(ajuste_tiempo_c);

        fprintf('Hoy consumiste en total:
%2.f\n',vector_consumo(horas_sincronizadas));

        fprintf('Te quedan:
%2.f\n',bandera_consumo);

        fprintf('PORCENTAJE DEL MVE
%2.f\n',porcentaje_mve);

        fprintf('PORCENTAJE DE LA RECARGA
%2.f\n',porcentaje_recarga);

        fprintf('EN TOTAL HAS CONSUMIDO
%2.f\n',consumo_total);

%-----

% ALARMA DE UMBRAL DE MVE - Y RECARGA PRE-CORTE

        if(bandera_consumo<=umbral_mve)

                if (bandera_consumo>0)

                        fprintf('Su consumo esta por finalizar,
solo cuenta con, %2.f\n',bandera_consumo);

                end

                if(bandera_consumo<=0)

                        bandera_consumo=0;

                        vector_recarga(horas_sincronizadas)=0;

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=0;

vector_consumo_mve(horas_sincronizadas+1)=0;

                        fprintf('Su consumo ha finalizado,
CORTE, %2.f\n',bandera_consumo);

```

```

                                pause(ajuste_tiempo_b);

while(vector_recarga(horas_sincronizadas)<=0)
                                reclocal=input('ingrese su
recarga:');

vector_recarga(horas_sincronizadas)=reclocal/(valor_kwh);

vector_recarga(horas_sincronizadas+1)=vector_recarga(horas_sincro
nizadas);

bandera_consumo=vector_recarga(horas_sincronizadas+1);
                                recarga_total=bandera_consumo;
                                end

vector_valor_mve(horas_sincronizadas+1)=0;
                                fprintf('RECARGA EXITOSA,
%2.f\n',vector_recarga(horas_sincronizadas+1));

                                end

                                end

%-----

                                horas_sincronizadas=horas_sincronizadas+1;
                                break
                                end

                                end

                                pause(ajuste_tiempo_b);

```

```

end

% -----
% GRAFICOS DE SIMULACION POR ASINTOTAS --> 1 semana: 168 horas

hold on

x1=24;   y1=1;
x2=24;   y2=0;

X=[x1 x2];
Y=[y1 y2];

line(X,Y,'LineWidth',2)

x3=48;   y3=1;
x4=48;   y4=0;

X1=[x3 x4];
Y1=[y3 y4];

line(X1,Y1,'LineWidth',2)

x5=72;   y5=1;
x6=72;   y6=0;

```

```
X2=[x5 x6];
Y2=[y5 y6];

line(X2,Y2,'LineWidth',2)

x7=96;    y7=1;
x8=96;    y8=0;

X3=[x7 x8];
Y3=[y7 y8];

line(X3,Y3,'LineWidth',2)

x9=120;   y9=1;
x10=120;  y10=0;

X4=[x9 x10];
Y4=[y9 y10];

line(X4,Y4,'LineWidth',2)

x11=144;  y11=1;
x12=144;  y12=0;

X5=[x11 x12];
Y5=[y11 y12];
```

```

line(X5,Y5,'LineWidth',2)

x13=168;   y13=1;
x14=168;   y14=0;

X6=[x13 x14];
Y6=[y13 y14];

line(X6,Y6,'LineWidth',2)

                                plot(vector_consumo,'r')
                                title('CONSUMO ELÉCTRICO SEMANAL (Por horas)');
                                xlabel('Horas');
                                ylabel('KWH');
                                axis([0 168 0.1 0.25]);

grid

```

Fuente: Propia.

D. Archivo: resolución_2_meses_dias_semana.m

Finalmente, se presenta el código de simulación correspondiente a la resolución en **días** del consumo de 2 meses. Dicho código sirve para realizar las 2 simulaciones de las situaciones descritas en el capítulo 2 de la monografía, ver **Tabla 10**.

Tabla 10. Código de simulación resolución_2_meses_dias.m

```
clc, clear all, close all

%-----

% SIMULACIÓN DEL MVE EN COLOMBIA CON UNA RESOLUCIÓN DE: 2
MES/días

%ETIQUETADO DE VARIABLES DEL SIMULADOR DEL MVE EN COLOMBIA

% VECTORES

%Vector que genera el consumo simulado por días (hasta 31 - 1
Mes)

vector_consumo=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\ConsumoMes.xls','Hojal','A1:
A67');

%Vector que almacena las recargas.

vector_recarga=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\Recarga.xls','Hojal','A1:A67
');

%MVE restante

vector_valor_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\PMVE.xls','Hojal','A1:A67');

%Vector que almacena el valor en KWH que falta por consumir.

vector_consumo_mve=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\TMVE.xls','Hojal','A1:A67');

bandera_consumo_g=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google
Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\bandera_consumo.xls','Hojal'
,'A1:A61');

% VARIABLES GENERALES
```

```

vector_valor_mve(1)=130;      % Valor designado del MVE en KWH
por el operador de red.

bandera_consumo=vector_valor_mve(1);      %Valor que
contiene el consumo restante del MVE o la RECARGA, con el fin
de desarrollar las comparaciones y procedimientos.

sincronizacion_segundos=0; % Variable que ejecuta ciclos de 5
segundos - 1 segundo/día

dias_sincronizados=1;      % Variable que simula los días del
mes consumido con una resolución de 1 segundo/día.

dias=1;      % Variable general que recorre por
ciclos los días del mes consumido.

mes=60;      % Número de días del mes
consumido.

ajuste_tiempo_a=0.1;      % Delay detiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_b=1.5;      % Delay de tiempo: para lograr
la sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

ajuste_tiempo_c=1;      % Delay de tiempo: para lograr la
sincronización de 1 segundo entre procesos y funciones.

recarga_local=0;      % Variable global que se carga con
el valor recargado en la interfaz Local de la GUI.

recarga_remota=0;      % Variable global que se carga con
el valor recargado en la interfaz Remota de la GUI.

%
vector_recarga(dias_sincronizados)=(recarga_local)+(recarga_re
mota); % Variable global que se carga con el valor total
recargado.

porcentaje_mve=0;      % Variable
global que permite observar el porcentaje consumido del MVE.

porcentaje_recarga=0;      % Variable
global que permite observar el porcentaje consumido de las
RECARGAS.

recarga_total=1;      %Variable que almacena el total
inicial recargado para poder realizar la operación de
porcentaje de RECARGA.

consumo_total=0;      % Variable
global que permite observar el total de Kwh Consumidos
(independiente de que sea recarga o MVE).

```

```

umbral_mve=20; % Valor
definido en KWH - representa el umbral en el cual se activan
las alarmas de recarga y corte del servicio.

valor_kwh=350; % Valor
designado en pesos Colombianos correspondiente al precio por
KWH consumido (Varia mensualmente).

correccion_ceros=0; %Variable que
permite eliminar los errores por signos en las operaciones de
consumo.

%-----

%SIMULACION DE UN MES DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN COLOMBIA - MVE

while (dias<=mes)

    clc;

    if(dias==30)

        fprintf('SE TERMINO TU PRIMER MES\n');
        vector_valor_mve(dias_sincronizados)=30;
        pause(ajuste_tiempo_c);
        pause(ajuste_tiempo_c);
        clc;

    end

    if(dias<30)

        fprintf('MES 1 -->DIA: %d HORA: %d RECARGA %2.f HAY EN
KWH
%2.f\n',dias_sincronizados,sincronizacion_segundos,vector_reca
rga(dias_sincronizados),bandera_consumo);

    elseif(dias>30)

```

```

        fprintf('MES 2 -->DIA: %d HORA: %d RECARGA %2.f HAY EN
KWH
%2.f\n',dias_sincronizados,sincronizacion_segundos,vector_reca
rga(dias_sincronizados),bandera_consumo);

        end

%-----
%SINCRONIZACIÓN DE CICLOS - 2 - MES >>> (1 día = 1 segundo)

        sincronizacion_segundos=sincronizacion_segundos+1;

        if (sincronizacion_segundos==1)

                sincronizacion_segundos=0;
                dias=dias+1;

                while (dias_sincronizados<=mes)

                        if (dias==31)
                                vector_valor_mve(dias_sincronizados)=130;
                        end

                % -----
                % CUANDO HAY SALDO DEL MVE PERO NO HAY RECARGAS REALIZADAS EN
                EL SISTEMA

                        if
((vector_recarga(dias_sincronizados))<=0)&&((vector_valor_mve
(dias_sincronizados))>0))

```

```

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=vector_valor_mve(dias_s
incronizados)-vector_consumo(dias_sincronizados);

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=vector_consumo_mve(dias
_sincronizados);

bandera_consumo=vector_valor_mve(dias_sincronizados+1);

                                end

% -----
% CUANDO HAY SALDO DE RECARGAS PERO NO HAY SALDO DE MVE EN EL
SISTEMA

                                if
((vector_valor_mve(dias_sincronizados))<=0)&&((vector_recarga
(dias_sincronizados))>0))

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=vector_recarga(dias_sin
cronizados)-vector_consumo(dias_sincronizados);

vector_recarga(dias_sincronizados+1)=vector_consumo_mve(dias_s
incronizados);

bandera_consumo=vector_recarga(dias_sincronizados+1);

                                end

% -----
% CUANDO EXISTEN RECARGAS EN EL SISTEMA PERO AUN HAY SALDO
DEL MVE

                                if
((vector_valor_mve(dias_sincronizados))&&(vector_recarga(dias
_sincronizados))>0)

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=vector_valor_mve(dias_s
incronizados)-vector_consumo(dias_sincronizados);

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=vector_consumo_mve(dias
_sincronizados);

bandera_consumo=vector_valor_mve(dias_sincronizados+1);

```

```

end

% -----
%CORRECCIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.

    if(bandera_consumo>0)
        correccion_ceros=bandera_consumo-
vector_consumo(dias_sincronizados);
    elseif(bandera_consumo<=0)
        correccion_ceros=bandera_consumo+vector_consumo(dias_sincroniz
ados);
    end

    if(correccion_ceros<=0)

        porcentaje_mve=0;

        consumo_total=consumo_total+vector_consumo(dias_sincronizados)
+correccion_ceros;

        end

        if(correccion_ceros>0)

            consumo_total=consumo_total+vector_consumo(dias_sincronizados)
;

            end

% -----

        if(bandera_consumo<=0)

            bandera_consumo=0;

```

```

vector_consumo_mve(dias_sincronizados)=0;

vector_valor_mve(dias_sincronizados)=0;

vector_recarga(dias_sincronizados)=0;

                porcentaje_mve=0;

                end

%-----

                pause(ajuste_tiempo_a);

%CORRECIÓN DE 0's MATLAB y signos Negativos en el consumo.

                if(bandera_consumo>0)

porcentaje_mve=(vector_valor_mve(dias_sincronizados+1))*100/ve
ctor_valor_mve(1);

porcentaje_recarga=(vector_recarga(dias_sincronizados+1))*100/
recarga_total;

                end

                if(bandera_consumo<=0)

porcentaje_mve=0;

porcentaje_recarga=0;

                end

%-----

                pause(ajuste_tiempo_c);

                fprintf('Hoy consumiste en total:
%2.f\n',vector_consumo(dias_sincronizados));

                fprintf('Te quedan:
%2.f\n',bandera_consumo);

```

```

                                fprintf('PORCENTAJE DEL MVE
%2.f\n',porcentaje_mve);

                                fprintf('PORCENTAJE DE LA RECARGA
%2.f\n',porcentaje_recarga);

                                fprintf('EN TOTAL HAS CONSUMIDO
%2.f\n',consumo_total);
%-----

% ALARMA DE UMBRAL DE MVE - Y RECARGA PRE-CORTE

                                if(bandera_consumo<=umbral_mve)

                                if (bandera_consumo>0)
                                        fprintf('Su consumo esta por
finalizar, solo cuenta con, %2.f\n',bandera_consumo);
                                end

                                if((bandera_consumo<=0))

                                bandera_consumo=0;

vector_recarga(dias_sincronizados)=0;

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=0;

vector_consumo_mve(dias_sincronizados+1)=0;

                                fprintf('Su consumo ha finalizado,
CORTE, %2.f\n',bandera_consumo);

                                pause(ajuste_tiempo_b);

```

```

recarga:');
reclocal=input('ingrese su

vector_recarga(dias_sincronizados)=reclocal/valor_kwh;

vector_recarga(dias_sincronizados+1)=vector_recarga(dias_sincronizados);

bandera_consumo=vector_recarga(dias_sincronizados+1);

recarga_total=bandera_consumo;

if(vector_recarga(dias_sincronizados)<=0)

vector_consumo(dias_sincronizados+1)=0;
                                end

vector_valor_mve(dias_sincronizados+1)=0;
                                fprintf('RECARGA EXITOSA,
%2.f\n',vector_recarga(dias_sincronizados+1));

                                end

                                end

%-----

                                dias_sincronizados=dias_sincronizados+1;

                                break

```

```

end

end

    pause(ajuste_tiempo_b);
end

% -----
% GRAFICOS DE SIMULACIÓN

hold on

x1=30;   y1=130;
x2=30;   y2=0;

X=[x1 x2];
Y=[y1 y2];

line(X,Y,'LineWidth',2)
hold on

    plot(bandera_consumo_g,'r')
    title('COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO ELÉCTRICO EN
2 MESES (2 y 4)');
    xlabel('Horas');
    ylabel('KWH');
    axis([1 61 0 130]);

grid

```

Fuente: Propia.

II. HMI_LOCAL_Y_REMOTA

Se encuentran 4 subcarpetas que contienen los archivos de diseño de la HMI o interfaz gráfica que utilizaría el simulador del MVE, ver **Figura 20**

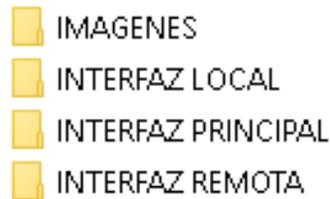


Figura 20. Carpetas contenedoras de los archivos de diseño de la HMI del MVE.

Fuente: Propia.

III. Vectores en Excel

Se muestran los archivos en Excel, que contienen las tablas de datos de consumo de los vectores utilizados en todos los códigos de simulación anteriormente descritos, ver **Figura 21**.

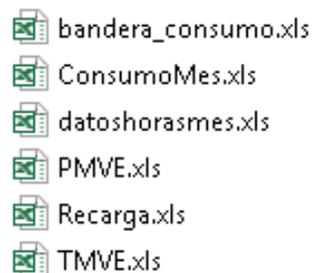


Figura 21. Tablas que contienen los datos de los vectores utilizados en las simulaciones en Matlab.

Fuente: Propia.

Para llevar a cabo las debidas compilaciones de los códigos que simulan la implementación del MVE propuesta por el presente trabajo de grado, se deben cumplir las siguientes 2 condiciones:

- I. Todos los archivos contenidos en todas y cada una de las subcarpetas deben cortarse y pegarse en una única carpeta. Lo anterior, garantiza que todas las partes del desarrollo llevado a cabo en la herramienta de simulación *Matlab R2014a*, funcionen de manera óptima y sin errores.
- II. Tener instalado en el equipo en que se ejecuten los códigos de simulación, la herramienta *Matlab R2014a*, o una versión superior.
- III. Antes de compilar los códigos de simulación, se debe modificar la *dirección o ubicación de donde los vectores están tomando los datos de consumo actualmente, en otras palabras, se debe copiar y pegar la ubicación textual de la carpeta en donde están los archivos en Excel almacenados en el computador, exactamente en como en el lugar que se indica en la Figura 22.*

```
% VECTORES

%Vector que genera el consumo simulado por días (hasta 31 - 1 Mes)
vector_consumo=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\ConsumoMes.xls','Hoja1','A1:A67');
%Vector que almacena las recargas.
vector_recarga=xlsread('C:\Users\DAVID MARTINEZ\Google Drive\TESIS\2_SIMULACIONES_MATLAB\Recarga.xls','Hoja1','A1:A67');
+ ----
```

Figura 22. Ubicación a modificar de los archivos en el Excel – sitio a donde apuntan los vectores de la simulación del MVE.

Fuente: Propia.

- IV. Compilar las simulaciones almacenadas en el anexo digital (tener en cuenta que se pueden modificar los parámetros del MVE tales como: valor de mínimo vital, número de días y horas a simular, puntos específicos de curvas de consumo, las recargas, etc...).

1. Interfaces hombre – máquina, simulación Matlab

Dado el caso presentado a simular, se propone una manera de transformar y transmitir los datos obtenidos, facilitando así el entendimiento de la adaptación a los medidores y del código planteados, es por esta razón, que se sugieren 3 pantallas de operación o HMI, que permitirían transmitir adecuadamente la información, cabe aclarar que, este es un complemento adicional y solo facilita al lector comprender el funcionamiento de lo propuesto:

A. Interfaz de PRESENTACIÓN

Como punto de partida, se plantea una interfaz simple que provee información general del proyecto y ofrece 2 opciones LOCAL y REMOTA, ver **Figura 23**. Para el acceso a estas, es necesario hacer clic sobre el botón que con la alternativa que se desea.



Figura 23. Interfaz inicial para la simulación de los paneles “Local y Remota” del MVE en Colombia.

Fuente: Propia

B. 1Interfaz LOCAL

Como segunda interfaz, se esboza el panel LOCAL, este consta inicialmente de una imagen que simboliza el medidor existente en una vivienda, dándole ambientación a esta. Por otra parte se presenta el mecanismo planteado en el capítulo 2, dentro de este se muestran las opciones de recarga que puede escoger el usuario para continuar con el consumo energético, cada valor introducido asigna un número determinado de KWh que depende del valor actual del KWh en el país, es decir, podrá ser modificado por el OR y el estado según lo requieran, en este caso se tomó un valor de \$ 350 pesos Mcte, ver **Tabla 11**, el LCD permite la visualización del consumo hasta el momento en que es solicitado, el porcentaje de MVE con el que cuenta y por último, el porcentaje de recarga al que corresponde el valor de recarga introducido, además, este facilita al usuario observar mensajes de recarga exitosa o finalización del MVE. Por otro lado, se sitúan 2 bombillos que reportan si

la recarga fue o no exitosa, la luz verde simboliza que esta fue positiva y la roja que fue negativa, además, esta última funciona a su vez como alarma cuando se finaliza el MVE. Finalmente, se sitúa un botón, que da como opción regresar a la venta de presentación o inicial, ver **Figura 24**. Es importante aclarar que este panel está diseñado para el uso de los usuarios, ya que, representa la adaptación diseñada del mecanismo MVE al medidor de flujo de potencia en cada vivienda y esta sería la representación de cómo se incorporaría.

Tabla 11. Asignación de Kwh

Recarga (pesos)	Energía eléctrica asignada (KWh)
5000	14,29
10000	28,57
20000	57,14
30000	85,71

Fuente: Propia



Figura 24. Interfaz local.

Fuente: Propia

C. Interfaz REMOTA

El panel Remoto está diseñado para el usuario y el OR, a la cual se puede acceder a través de internet, después de acceder a la plataforma, al igual que en el panel LOCAL, las opciones establecidas de recarga presentadas anteriormente, ver **Tabla 11**, también, exhibe 2 bombillos que muestran si la recarga que se realizó fue acertada (bombillo verde), o si fue fallida (bombillo rojo), adicionalmente, en esta se visualiza el porcentaje de MVE y el consumo que tiene hasta el momento, ya que la plataforma se encuentra conectada a la base de datos que proporciona esta información. Finalmente, se da la opción de volver a la interfaz inicial con un botón ubicado a mano derecha de la interfaz, ver **Figura 25**. Este panel es la representación de la forma como se realizaría el acceso de forma remota, el OR está en libre elección de escoger como presentar esta, siendo la mejor opción una página web.



|

Figura 25. Interfaz Remota.
Fuente: Propia

ANEXO G

MECANISMOS TÉCNICOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MINIMO VITAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA

TECHNICAL MECHANISMS FOR IMPLEMENTING THE VITAL MINIMUM OF ELECTRIC ENERGY IN COLOMBIA

David S. Martínez-Mosquera¹, Isabel C. Henríquez-Camayo², Juan F. Flórez-Marulanda³

¹ Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Universidad del Cauca
dsmartinez@unicauca.edu.co

² Ingeniera en Automática Industrial
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Universidad del Cauca
isahenriquezc@unicauca.edu.co

³ Magister en Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Electrónica, Instrumentación y Control
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Universidad del Cauca
jfllorez@unicauca.edu.co

MECANISMOS TÉCNICOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL MÍNIMO VITAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN COLOMBIA

Resumen: En este artículo se presenta el diseño y evaluación del mecanismo técnicos de implementación del mínimo vital de energía eléctrica en Colombia. (i) se tiene como objetivo proponer un potencial mecanismo técnico de implementación del MVE para estratos socioeconómicos bajos, en el marco de las Smart Grid. El alcance del delineamiento de los mecanismos llega hasta la presentación de la evaluación y el análisis de la simulación de implementación del MVE teniendo en cuenta un procedimiento de diseño de producto. (ii) En él se diseñan adaptaciones a los medidores y mecanismos MVE de implementación basada principalmente en unos requerimientos operativos, socioeconómicos, técnicos y en unas condiciones de diseño. Cabe resaltar que se toman 130 Kwh, como la carga inicial de consumo del MVE en cada inicio de mes. (iii) Se destaca el diseño del mecanismo, además de la elaboración de una serie de considerandos y procedimientos que permiten por medio del planteamiento de situaciones particulares que aportan a la implementación del mecanismo a valorar mediante evaluación de un entorno de simulación.

Palabras clave: Mínimo vital de energía eléctrica, mecanismos, técnicas de lectura de medición, consumo de subsistencia.

Abstract: This article presents the design and evaluation of the technical mechanism for implementing the vital minimum of electrical energy in Colombia. (I) Aims to propose a potential technical mechanism for the implementation of MVE for low socioeconomic strata within the framework of the Smart Grid. The scope of the delineation of the mechanisms goes until the presentation of the evaluation and analysis of the simulation of implementation of the MVE taking into account a procedure of product design. (II) It adapts to MVE meters and implementation mechanisms based mainly on operational, socioeconomic, technical requirements and under design conditions. It should be noted that 130 Kwh are taken as the initial consumption load of the MVE at each start of the month. (III) The design of the mechanism is highlighted, as well as the elaboration of a set of procedures that allow by means of the presentation of particular situations that contribute to the implementation of the mechanism to be evaluated by the evaluation of a simulation environment.

Keywords: Vital minimum of electric energy, mechanisms, metering reading techniques, Subsistence consumption.