



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,

INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA

DETERMINAR LA EXPANSIÓN TECNOLÓGICA DE LOS

SISTEMAS DE MEDICIÓN EN UNA EMPRESA

DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA DE

ENERGÍA ELÉCTRICA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL

TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

AUTOR: BRIAN SEBASTIÁN ARÉVALO LOZADO

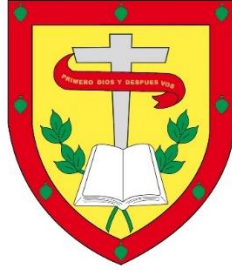
DIRECTOR: ING. DIEGO MORALES JADAN PhD.

CO-DIRECTOR: ING. MARCO TOLEDO OROZCO PhDc.

CUENCA-ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad al servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA,
INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**PLANIFICACIÓN METODOLÓGICA PARA DETERMINAR LA
EXPANSIÓN TECNOLÓGICA DE LOS SISTEMAS DE MEDICIÓN
EN UNA EMPRESA DISTRIBUIDORA Y COMERCIALIZADORA
DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

**PROYECTO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO**

AUTOR: BRIAN SEBASTIÁN ARÉVALO LOZADO

DIRECTOR: ING. DIEGO MORALES JADAN PhD.

CO-DIRECTOR: ING. MARCO TOLEDO OROZCO PhDc.

CUENCA-ECUADOR

2023

DIOS, PATRIA CULTURA Y DESARROLLO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD

Brian Sebastián Arévalo Lozado portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º 0301955787. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del proyecto de titulación "Planificación metodológica para determinar la expansión tecnológica de los sistemas de medición en una empresa distribuidora y comercializadora de energía eléctrica" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este proyecto de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 09 de mayo 2023



.....
Brian Sebastián Arévalo Lozado

C.I. 0301955787

CERTIFICACIÓN

Por medio de la presente, certifico que he supervisado el desarrollado del trabajo de titulación del estudiante Brian Sebastián Arévalo Lozado.

F.


Ing. Diego Xavier Morales Jadan PhD.

DIRECTOR

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a las personas que me han incluido en su vida, contribuyendo para mi crecimiento personal y profesional

Doy gracias a Dios por brindarme bendiciones en cada instante de mi vida, y a mis padres, Jorge Raúl Arévalo Dután y María Beatriz Lozado Vanegas, por su paciencia, apoyo incondicional.

Este trabajo fue el resultado de muchas horas de investigación, sacrificio y dedicación, y es el inicio de mi carrera profesional.

Dedicado a mis hermanos, Andrea y Joshua, por su apoyo para no rendirme en el camino, y a cada miembro de mi familia por sus consejos y apoyo.

AGRADECIMIENTO

Queridos papá y mamá, no puedo expresar en palabras lo agradecido que estoy por todo lo que han hecho por mí. Han sido mi soporte amoroso y único desde que inicie esta etapa de educación y sin su amor, paciencia y sacrificio, no estaría aquí hoy. Gracias por darme la oportunidad de recibir una educación, por sus enseñanzas.

Esta tesis ha sido un trabajo muy esforzado, con muchas horas de investigación, sacrificio y dedicación. Pero gracias a su apoyo y aliento, he podido cumplir una de mis metas y dar el primer paso en mi carrera profesional.

A mis hermanos, Andrea y Joshua, gracias por estar siempre ahí y por sus palabras de aliento que me motivaron a seguir adelante. A cada miembro de mi familia, gracias por sus consejos y por ser un constante apoyo.

También quiero agradecer al director y codirector del presente trabajo por brindarme soporte en cada instante, y estar siempre disponibles para ayudarme a sacar lo mejor de mí. Y, por último, pero jamás menos importante, gracias a Dios por darme las oportunidades y la fuerza para llegar hasta aquí.

RESUMEN

La investigación centra su interés en la planificación metodológica para determinar la expansión tecnológica de los sistemas de medición en una comercializadora y distribuidora de energía eléctrica, mediante métodos de analítica y minería de datos, donde influyen variables técnicas, económicas, geográficas, sociales, en diferentes estratos de consumo de energía eléctrica, que serán integradas en un análisis con un aprendizaje automático creando un proceso para hallar similitudes e interrelaciones significativas en conjuntos de datos mediante técnicas computacionales avanzadas y se aplicará la metodología de lógica difusa a través de la herramienta de “Fuzzy logic” de programación y cálculo MATLAB®, para la construcción de algoritmos que nos permita la selección correcta de los sistemas de medición, logrando una mayor eficiencia y precisión en la asignación de los tipos de medidores.

La investigación desarrolla mejoras considerables para la planificación prospectiva a mediano, largo plazo en la instalación de los sistemas de medición, tomando en consideración las variables del sistema de comercialización, de una porción significativa de 5000 usuarios.

Se demostró que más del 60% de los medidores, según la implementación de la lógica difusa, deberían ser medidores electrónicos con registro de energía activa, reactiva y demanda, que permite tener un mayor control sobre las variables representativas para el operador del sistema de distribución que pueden ser planificados y considerados para futuras reestructuraciones del sistema de medición eléctrica. Estos proyectos están agrupados en dos clusters, en los cuales se consideró el precio total que conllevaría el cambio tecnológico de los sistemas de medición.

Palabras clave: Lógica Difusa, Sistemas de distribución, Medidores de suministro eléctrico, Sistemas de medición.

ABSTRACT

The research focuses its interest on methodological planning to determine the metering systems technological expansion in an electric energy trading and distribution company through analytical methods and data mining, where technical, economic, geographic, and social variables influence different electric energy consumption strata, which will be integrated into an analysis with automatic learning, creating a process to find similarities and significant interrelationships in data sets through advanced computational techniques. The fuzzy logic methodology will be applied through the "Fuzzy logic" tool programming and calculation MATLAB ®, for the construction of the algorithm that let the correct selection of metering systems, achieving greater efficiency and accuracy in the allocation of the meter types.

The research develops considerable improvements for medium and long-term prospective planning in the metering system installation, considering the marketing system's variables of a significant sample of 5000 users.

It was demonstrated that more than 60% of the meters, according to the implementation of fuzzy logic, should be electronic meters with active, reactive, and demand energy registers, which allows greater control over the representative variables for the distribution system operator, which can be planned and considered for future electric metering system restructuring. These projects are grouped into two clusters, in which the total price that the technological change of the metering systems would entail was considered.

Keywords: Fuzzy logic, distribution systems, electricity supply meters, metering systems.

INDICE DE CONTENIDO

DECLARATORIA DE AUTORÍA Y RESPONSABILIDAD	II
CERTIFICACIÓN	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
RESUMEN	VI
ABSTRACT	VII
INDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE ILUSTRACIONES	XIII
INDICE DE ANEXOS	XV
CAPÍTULO 1.....	16
1.1. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN	16
1.2. OBJETIVOS.....	17
1.2.1. OBJETIVO GENERAL.....	17
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
CAPÍTULO 2.....	18
MARCO TEORICO	18
2.1 SISTEMAS DE SUMINISTRO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	18
2.2. TIPOS DE TECNOLOGÍA DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	18
2.3 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA.	19
2.4. LÓGICA DIFUSA EN SISTEMAS DE MEDICIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	22
CAPÍTULO 3.....	26
3.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DEL SISTEMA DE MEDICIÓN ELÉCTRICA.	26
3.2. ANÁLISIS ZONA GEOGRÁFICA.	27
3.3. ANÁLISIS DE MARCAS DE MEDIDORES ELÉCTRICOS.	28
3.4. ANÁLISIS DEL TIPO DE CONEXIÓN ELÉCTRICA.....	32
3.5. ANÁLISIS DE GRUPOS DE CONSUMO ELÉCTRICO.....	34
3.6. ANÁLISIS DE LOS TIPOS TARIFAS ELÉCTRICAS.	36
3.7. ANÁLISIS TARIFA “BT COMERCIAL”	38
3.8. ANÁLISIS TARIFA “BT RESIDENCIAL”	39

3.9. ANÁLISIS TARIFA “BT RESIDENCIAL PARA EL PROGRAMA PEC”	40
3.10. ANÁLISIS DE LA TARIFA “BT INDUSTRIAL ARTESANAL”	41
3.11. ANÁLISIS ESTRATOS DE CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	42
3.12. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN POR UNIDAD CONSUMO ELÉCTRICO.....	46
3.13. ANÁLISIS DE LA FACTURACIÓN TOTAL.....	51
CAPÍTULO 4.....	53
4.1. METODOLOGÍA LÓGICA DIFUSA.....	53
4.2. DESARROLLO DEL MODELO DE LÓGICA DIFUSA.....	53
4.3. EDITOR DE LÓGICA DIFUSA EN MATLAB.....	54
4.4. PARAMETRIZACIÓN EN EL EDITOR DE LÓGICA DIFUSA EN MATLAB	55
4.5 DEFINICIÓN DE LAS FUNCIONES DE MEMBRESÍA ETAPA INICIAL.....	56
4.6 APLICACIÓN DE REGLAS DE DIFUSAS AL MODELO	60
4.7. PROCESO DE DEFUSIFICACIÓN EN EL MODELO DE ALGORITMO DIFUSO.....	63
4.8. MODELADO EN SIMULINK	65
4.9. RESULTADOS DEL MODELO DIFUSO	66
CAPITULO 5.....	70
5.1. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	70
5.2. DISCUSIÓN DE RESULTADOS ACTUALES	70
5.3. DISCUSIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA LÓGICA DIFUSA.....	72
5.4. ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE MEDIDORES EN CADA PARROQUIA	74
5.5. ANÁLISIS POR TIPO DE CONSUMO.....	76
5.6. ANÁLISIS POR TIPO DE CONSUMO EN CADA PARROQUIA.....	77
5.7. ANÁLISIS POR EL GRUPO DE CONSUMO	82
5.8. ANÁLISIS POR EL TIPO DE TARIFA ELÉCTRICA.....	92
5.9. ANÁLISIS DE LA TARIFA “BT COMERCIAL”	94
5.10. ANÁLISIS DE LA TARIFA “BT RESIDENCIAL”	95
5.11. ANÁLISIS PARA LA TARIFA “BT INDUSTRIAL ARTESANAL”	98
5.12. PLANIFICACIÓN DE PROYECTOS.....	100
5.13. COSTOS TOTALES DE INSTALACIÓN.....	101
5.14. PORTAFOLIO DE PROYECTO 1.....	103

5.15. PRECIO TOTAL DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS 1.....	103
5.16. PORTAFOLIO DE PROYECTO 2.....	104
5.17. PRECIO TOTAL DEL PORTAFOLIO DE PROYECTOS 2.....	104
CONCLUSIONES	106
RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFIA	109
ANEXOS	112

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables del estudio.....	26
Tabla 2. Datos representativos de la muestra.	28
Tabla 3. Marca de medidores.	29
Tabla 4. Tipos de medidores.....	30
Tabla 5. Marca de medidores y su tipo de conexión.	34
Tabla 6. División según el grupo de consumo.....	34
Tabla 7. División según el grupo de consumo y su tarifa.....	37
Tabla 8. Tarifa BT Comercial por parroquias.....	38
Tabla 9. Tarifa "BT Residencial" por parroquias.....	39
Tabla 10. Tarifa "BT Residencial para el programa PEC" por parroquias.	40
Tabla 11. Tarifa "BT Industrial Artesanal" por parroquias.	41
Tabla 12. Distribución de estratos de consumos eléctricos.	43
Tabla 13. Distribución de estratos de consumos eléctricos en cada parroquia.....	44
Tabla 14. Distribución de estratos de consumos eléctricos según el tipo de medidor.	45
Tabla 15. Distribución de estratos de consumos eléctricos mediante medidores electrónicos.....	46
Tabla 16. Distribución de Facturación según estratos de consumos eléctricos.....	47
Tabla 17. Distribución de Facturación según estratos de consumos eléctricos residencial.....	48
Tabla 18. Distribución de la facturación de estratos de consumo eléctrico en la tarifa comercial.	49
Tabla 19. Distribución de la facturación de estratos de consumo eléctrico en la tarifa industrial.....	50
Tabla 20. Definición de parámetros de entrada.....	54
Tabla 21. Definición de parámetros de salida.	54
Tabla 22. Definición de parámetros de entrada "Facturación".	56
Tabla 23. Definición de parámetros de entrada "Consumo en kWh".	58
Tabla 24. Definición de parámetros de salida "Tipo de Medidor".	59
Tabla 25. Definición de reglas del sistema difuso.	61
Tabla 26. Distribución de medidores con el resultado de lógica difusa en las parroquias.	72
Tabla 27. Distribución de medidores en cada parroquia.	74
Tabla 28. Distribución relativa de medidores en cada parroquia.	74
Tabla 29. Distribución de medidores según el tipo de consumo eléctrico.	76
Tabla 30. Distribución de medidores según el tipo de medidor en cada parroquia.....	78
Tabla 31. Distribución de medidores según el grupo de consumo eléctrico.....	82
Tabla 32. Distribución de medidores según el grupo de consumo comercial.....	84
Tabla 33. Distribución de medidores según el grupo de consumo residencial.....	87
Tabla 34. Distribución de medidores según el grupo de consumo industrial.....	91
Tabla 35. Distribución de medidores según el tipo de tarifa eléctrica.....	92
Tabla 36. Distribución de medidores según el tipo de tarifa "BT Comercial".	94
Tabla 37. Distribución de medidores según el tipo de tarifa "BT Residencial".	95
Tabla 38. Distribución de medidores según el tipo de tarifa "BT industrial artesanal".	98
Tabla 39. Descripción de costos de instalación.....	102
Tabla 40. Descripción de costos correspondientes a cada medidor.....	102
Tabla 41. Descripción de costos según el tipo de consumo y medidor.	103
Tabla 42. Cantidad de medidores cluster 1.	103
Tabla 43. Precio total portafolio de proyecto 1.	104
Tabla 44. Cantidad de medidores cluster 2.	104

Tabla 45. Precio total portafolio de proyecto 2	105
---	-----

INDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 1 Diagrama de dispersión parroquias.....	28
Fig. 2. Columnas agrupadas por marca de medidores.....	29
Fig. 3. Gráfico tipo "Worldcloud" de marcas de medidores.....	30
Fig. 4. Gráfico tipo "Circular" del tipo de medidor eléctrico.....	31
Fig. 5. Gráfico tipo "Stem" distribución de tipo de medidor según su marca.....	31
Fig. 6. Tipos de conexiones eléctricas.....	32
Fig. 7. Distribución de los tipos de conexiones en cada parroquia.....	33
Fig. 8. Distribución de grupos de consumo eléctricos de las parroquias.....	35
Fig. 9. Distribución de grupos de consumo eléctricos según marca de medidor.....	35
Fig. 10. Distribución tipo de tarifas de las parroquias.....	36
Fig. 11. Distribución de la tarifa "BT comercial" de las parroquias.....	39
Fig. 12. Distribución de la tarifa "BT Residencial" de las parroquias.....	40
Fig. 13. Distribución de la tarifa "BT Residencial para el programa PEC" de las parroquias.....	41
Fig. 14. Distribución de la tarifa "BT Industrial Artesanal" de las parroquias.....	42
Fig. 15. Distribución de los estratos de consumos eléctricos de cada parroquia.....	43
Fig. 16. Distribución de los estratos de consumos eléctricos.....	44
Fig. 17. Distribución de la facturación total de cada parroquia.....	52
Fig. 18. Ventana del editor "Fuzzy Logic" Matlab.....	55
Fig. 19. Parametrización de variables de entrada y salida del editor de lógica difusa.....	56
Fig. 20. Parametrización de variables de entrada "Facturación en \$"......	57
Fig. 21. Parametrización de variables de entrada "Consumo Kwh".....	58
Fig. 22. Parametrización de variables de salida "Tipo de Medidor"......	60
Fig. 23. Parametrización de reglas del sistema difuso.....	62
Fig. 24. Complemento "Rule Viewer" aplicado al sistema difuso.....	63
Fig. 25. Gráfico 2D de relación entre el consumo y el tipo de medidor del modelo de lógica difusa.....	64
Fig. 26. Gráfico 2D de relación entre el consumo y el tipo de medidor del modelo de lógica difusa.....	65
Fig. 27. Diagramas de bloques del modelo de lógica difusa.....	66
Fig. 28. Diagrama 2D de facturación de lógica difusa.....	67
Fig. 29. Diagrama 2D de consumo en kWh de lógica difusa.....	67
Fig. 30. Diagrama 2D de salida del tipo de medidor de lógica difusa.....	68
Fig. 31. Distribución de medidores electrónicos en las parroquias.....	71
Fig. 32. Mapa de calor de la distribución de medidores electrónicos en las parroquias.....	71
Fig. 33. Mapa de calor de la distribución de medidores electrónicos en las parroquias.....	72
Fig. 34. Distribución de los medidores según la aplicación de lógica difusa.....	73
Fig. 35. Mapa de calor de la distribución final de los medidores eléctricos.....	74
Fig. 36. Mapa de calor de los medidores electrónicos ARD con Radio Frecuencia....	75
Fig. 37. Mapa de calor de los medidores electrónicos y ARD en cada parroquia.....	76
Fig. 38. Distribución por tipo de consumo de los medidores eléctricos.....	77
Fig. 39. Mapa de calor de la distribución por tipo de medidor de los medidores eléctricos.....	78
Fig. 40. Mapa de calor del tipo de medidor bifásico de las parroquias.....	79

Fig. 41. Mapa de calor del medidor electrónico ARD del tipo de medidor bifásico de cada parroquia.....	80
Fig. 42. Distribución de del tipo de medidor trifásico de cada parroquia.	80
Fig. 43. Mapa de calor del tipo de medidor trifásico de cada parroquia.	81
Fig. 44. Mapa de calor de tipo de medidor trifásico de cada la parroquia San Sebastián.	81
Fig. 45. Distribución de los medidores según el grupo consumo eléctrico.	82
Fig. 46. Mapa de calor de la distribución de los medidores según el grupo de consumo eléctrico.....	83
Fig. 47. Distribución de los medidores según el grupo de consumo comercial.....	84
Fig. 48. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos según su consumo comercial.	85
Fig. 49. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD según el grupo de consumo comercial.	86
Fig. 50. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD con radio frecuencia según el grupo de consumo comercial.	87
Fig. 51. Distribución de los medidores según el grupo residencial.	88
Fig. 52. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos según el grupo de consumo residencial.....	89
Fig. 53. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD según el grupo de consumo residencial.	89
Fig. 54. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD con radio frecuencia según el grupo de consumo residencial.	90
Fig. 55. Mapa de calor de distribución según el grupo de consumo industrial.	91
Fig. 56. Distribución de la tarifa BT Comercial por parroquias.....	94
Fig. 57. Mapa de calor para el medidor electrónico ARD para la tarifa BT Comercial por parroquias.....	95
Fig. 58. Distribución de la tarifa BT Residencial por parroquias.	96
Fig. 59. Mapa de calor para el medidor electrónico ARD y ARD con radio frecuencia para la tarifa "BT Residencial".....	97
Fig. 60. Mapa de calor para el medidor electrónico ARD y ARD con radio frecuencia para la tarifa "BT Residencial" para la parroquia Valle.....	98
Fig. 61. Distribución de la tarifa BT Industrial Artesanal por parroquias.	99
Fig. 62. Mapa de calor para la tarifa BT Industrial Artesanal para las parroquias.....	100
Fig. 63. División de clústeres con su línea de frontera.....	101

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 Base de datos del conjunto variables	112
ANEXO 2. ANALISIS ESTADISTICO REALIZADO EN EXCEL.....	112
ANEXO 3. LOGICA DIFUSA EN MATLAB.....	116
ANEXO 4. ANALISIS RESULTADOS EXCEL Y POWER BI.....	120

CAPÍTULO 1

1.1. Formulación del problema y justificación

En Latinoamérica y el Caribe, la generalidad de empresas de distribución y comercialización de energía eléctrica carecen de planificación para la ejecución de programas que integren sistemas de medición inteligentes o avanzados para mejorar los procesos de comercialización. La inversión en programas de reducción de pérdidas de energía, con poco o nulo éxito no han considerado variables exógenas que generalmente son difíciles de mitigar en países en pleno desarrollo conveniente a la falta de políticas públicas, leyes y reglamentos que rijan los sistemas de distribución y comercialización. Esta desigualdad social y cultural se está modificando en un problema a tomar en consideración para los proveedores de electricidad, ya que los consumidores no pueden pagar los servicios de electricidad por falta de liquidez financiera, lo que está provocando una reducción de los sistemas de medición para reducir las facturas de electricidad.

En el presente , tanto a nivel nacional e internacional las distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica para ofrecer un óptimo funcionamiento y servicio tienen la obligación de llevar un correcto registro de las lecturas de los sistemas de medición, asegurándose de que se mantengan dentro de su rango nominal y tratando de reducir las pérdidas no técnicas y maximizar la selección dependiendo de su área geográfica, las regulaciones y políticas de cada región o país, donde la tasa media de pérdida de energía del continente Latinoamericano y el Caribe según el informe de Latinoamericana de Energía (OLADE), es del 15,65%, países como Honduras, Jamaica, Paraguay y Venezuela están por encima de esta media.

En Ecuador, sin embargo, entre las iniciativas destacadas se encuentra el plan de Reducción de Perdidas de Energía Eléctrica (PLANREP) que se ejecutó en todas las empresas eléctricas donde se estableció una reducción significativa del 25,04% en 2008 al 13,03% en 2018 gracias a las inversiones públicas de carácter técnico, y a las iniciativas a través de la creación de nuevos modelos de análisis de datos.

Es por ello que la ejecución de esta investigación será de suma prioridad, ya que a través de esta, se desarrollará la creación de un modelo de análisis donde determinará las zonas de influencia analizando ciertos sectores que demuestren un incremento de carga siendo factible analizar la posible sustitución y actualización de contadores de

energía en una definida zona de estudio, donde primordialmente tendrán que ser sectores donde influyan indicadores según su tecnología, consumos, tipos de medidores, tipos de infraestructura, medios de radio de frecuencia, el estrato de consumo eléctrico, entre otras variables que mediante una planificación metodológica basado en indicadores adecuados, integrando y utilizando diferentes tecnologías de análisis de datos, aprendizaje automático y redes neuronales de una minería de datos, empleando conjuntamente la metodología de lógica difusa con una visión de generalización a futuro, que permite el manejo tanto de valores numéricos como lingüísticos mediante funciones de pertenencia, lo cual analizará los valores ya no como probabilidad sino mediante un dominio de valores para cada distintivo que al recibir información de comportamiento del consumo, establecerá una selección efectiva de contadores de energía de diversa generación para cada zonas de influencia determinada, según su tipo de tecnología que reemplazará a los sistemas de medición convencionales por sistemas que garanticen al usuario el correcto registro del consumo mensual, reducción de costos de lectura obteniendo como tal una eficiencia energética.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

Generar una planificación metodológica que posibilite el progreso de la tecnología de los sistemas de medición para una empresa distribuidora y comercializadora de energía eléctrica, con la metodología de lógica difusa para una dirección más eficiente y rentable de los sistemas de medición.

1.2.2. Objetivos específicos

- Determinar cuáles son los métodos de expansión tecnológica de sistemas de medición en ED's.
- Utilizar métodos de analítica y minería de datos para definir los tipos de sistemas de medición que se deberían utilizar para el operador de energía eléctrica.
- Aplicar el algoritmo lógico difusa que permita validar el uso de las variables en la previsión de la ampliación de los equipos de medición.
- Evaluar la técnica para la selección de equipos de medición para una empresa comercializadora y distribuidora de energía eléctrica mediante un portafolio de proyectos.

CAPÍTULO 2

MARCO TEORICO

Los sistemas de distribución eléctrica tienen como función principal garantizar la llegada eficiente y segura de energía eléctrica, iniciando en la sub central eléctrica de distribución llegando a los finales de consumo, lo que garantiza el abastecimiento de energía eléctrica tanto para hogares, empresas e industrias.

Para cumplir esta función, los sistemas de distribución eléctrica utilizan una amplia variedad de componentes, incluyendo líneas de transmisión, subestaciones, transformadores, interruptores y medidores de energía.

El enfoque principal de este marco teórico es la planificación metodológica de los sistemas de medición en una empresa distribuidora y comercializadora de energía eléctrica, con especial énfasis en los equipos de medición eléctrica, mediante la aplicación metodológica de la lógica difusa con sus principales fundamentos teóricos y su amplia relación con los sistemas de medición eléctrica.

2.1 Sistemas de suministro de energía eléctrica

Es esencial que la red eléctrica sea planificada y diseñada apropiadamente para garantizar el abastecimiento de energía eléctrica en la cantidad y calidad requeridas por los usuarios finales.(Morfin et al., 2017)

Descripción de sistemas de distribución eléctrica

La planificación del sistema de suministro eléctrico implica el análisis de diferentes factores, como la demanda de energía eléctrica, la seguridad y la protección del sistema, entre otros. Además, incluyen una amplia gama de componentes, tales como líneas de transmisión, subestaciones, transformadores, interruptores, medidores de energía, entre otros.(Dolores & Cervantes, n.d.)

2.2. Tipos de tecnología de medición de energía eléctrica

La medición adecuada de la energía eléctrica es crucial para garantizar una facturación precisa y justa a los consumidores finales, así como para asegurar la calidad del suministro eléctrico.

Medidores electromecánicos.

Este tipo de medidor son los más antiguos y simples en términos de tecnología. utiliza la rotación de un disco para medir el consumo de energía eléctrica. Este tipo de medidor es relativamente preciso, pero tiene la desventaja de no poder registrar los datos en tiempo real, siguen siendo comunes en algunos países. (Schavemaker & Sluis, n.d.)

Medidores electrónicos.

Los medidores electrónicos utilizan circuitos electrónicos para medir la energía eléctrica consumida. Estos medidores pueden ser más precisos y tener funciones adicionales, como la facultad de registrar los datos sin demora. Los medidores electrónicos de estado sólido miden la energía eléctrica con alta precisión. (Avancini et al., 2019)

Medidores inteligentes.

Los medidores inteligentes son un tipo de medidor electrónico avanzado que incluye capacidades de comunicación bidireccional. Estos medidores pueden comunicarse con la empresa eléctrica para enviar datos de consumo en tiempo real y recibir señales de control para ajustar el consumo.

Según (Louis et al., 2016), los medidores de energía modernos se basan en el principio de medición de energía activa y reactiva. Los medidores miden la corriente y el voltaje en el circuito y utilizan esta información para calcular la energía activa y reactiva consumida.

2.3 Sistemas de medición de energía eléctrica.

La selección del modelo de medidor a emplear depende del tipo de aplicabilidad y los requisitos específicos de la empresa distribuidora o comercializadora de energía eléctrica. Además de medir la energía eléctrica consumida, los medidores de energía también pueden utilizarse para monitorear el nivel del suministro eléctrico. (Avancini et al., 2019)

Una investigación realizada por la Agencia Internacional de Energía (IEA) en 2011 concluyó que la implementación de medidores inteligentes en los hogares y empresas corresponde a una reducción importante en el consumo de energía eléctrica. (*Technology Roadmap - Smart Grids – Analysis - IEA*, n.d.)

Como se aplican en las empresas distribuidoras y comercializadoras de energía eléctrica del Ecuador.

Las empresas eléctricas utilizan diferentes tipos de medidores de energía para calcular y facturar el gasto de energía eléctrica de sus clientes, existen varias empresas eléctricas que se encargan de la generación, transmisión y distribución de energía eléctrica en el país, tales como la Empresa Regional Centro Sur C.A (EEC), la Compañía Eléctrica Quito (EEQ), la Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC), entre otras. Estas empresas utilizan diferentes tipos de medidores de energía eléctrica, según las necesidades específicas de cada sistema de distribución. Estos medidores se utilizan en diferentes sectores, incluyendo residencial, comercial e industrial.

Según un estudio realizado por Arconel en 2017, las distribuidoras eléctricas en Ecuador utilizan principalmente medidores electromecánicos y electrónicos para la medición de energía eléctrica (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2017).

Un estudio realizado por la Universidad Politécnica Salesiana en 2012, realizó un análisis de factibilidad para la Empresa Eléctrica de la ciudad de Azogues. Concluyendo que la implementación de estos medidores permitiría una mayor eficiencia en la medición y facturación de la energía eléctrica. (Rolando et al., 2012)

Otro estudio realizado por UPS en 2018 evaluó la implementación de medidores inteligentes en una empresa eléctrica de la ciudad de Cuenca. Dando como resultados del estudio mostraron que la implementación de medidores inteligentes permitió una mejora en la precisión de la medición. (Estrella Piña, 2018)

Aplicaciones de los medidores de energía en los sistemas de distribución eléctrica.

Los medidores de energía eléctrica tienen diversas aplicaciones en los sistemas de distribución eléctrica, incluyendo la medición del consumo de energía eléctrica de los usuarios finales, la facturación y gestión de la energía eléctrica, la detección de fraudes y la monitorización del sistema eléctrico. (Moreno Escobar et al., 2021)

La transformación del sistema de consumo eléctrico se está produciendo globalmente, pasando de una estructura unidireccional convencional a otra más abierta, configurable y participativa por parte de los consumidores y demás actores del sector. En muchos lugares, estos cambios han culminado en la aparición de un mercado eléctrico más amplio. (Unterweger et al., 2018)

Detección de fallos en el sistema: Los medidores de energía pueden detectar problemas en la red de distribución eléctrica, como fallas en el cableado o cortocircuitos.

Control de calidad de energía: Los medidores de energía se pueden utilizar para monitorear la calidad de energía eléctrica, incluyendo el voltaje, la corriente y la

frecuencia, lo que permite asegurar que la energía que se entrega a los clientes cumpla con los estándares de calidad.(Wilcox et al., 2019)

Manejo de la demanda: Los medidores de energía se pueden utilizar para gestionar el manejo de energía eléctrica que permite el control de la carga en la red y evitar sobrecargas en momentos de alta demanda.(Wilcox et al., 2019)

Selección de dispositivos de medición: Se deben seleccionar los dispositivos de medición más adecuados para medir la energía eléctrica en función de las necesidades específicas de la empresa. Estos dispositivos pueden incluir medidores de energía, transductores de corriente y voltaje, entre otros.(Turner & Doty, 2006)

Diseño del sistema de medición: Se debe diseñar un sistema de medición que permita analizar el gasto de energía en tiempo instantáneo. Esto puede incluir la instalación de sensores y la implementación de software de análisis.(Turner & Doty, 2006)

Metodologías para los sistemas de medición

Existen diversas metodologías donde la planificación de equipos de medición de energía eléctrica, las más utilizadas son:

Análisis de cargas: Esta metodología tienen un análisis de la carga eléctrica de la empresa, para determinar los equipos y dispositivos de medición necesarios. Se requiere una evaluación detallada del consumo de energía en diferentes momentos del día, para poder identificar los picos de consumo y establecer la capacidad requerida de los dispositivos de medición.(Castelo & Ballester, 2012)

Análisis de la calidad de la energía: Se centra en la medición eléctrica, con el fin de identificar problemas relacionados con la eficiencia energética.(Castelo & Ballester, 2012)

Análisis de costos: Esta metodología se enfoca en el análisis de los costos energéticos y la implementación de estrategias para reducirlos. (Castelo & Ballester, 2012)

Evaluación de la efectividad de sistemas de medición de energía eléctrica

La evaluación de la efectividad de los equipos de medición de energía eléctrica es fundamental para conocer si los mismos están cumpliendo con los objetivos para los que fueron implementados.

Un estudio realizado por la UPS evaluó la eficiencia de energía eléctrica en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur. Los resultados mostraron que los medidores electrónicos

instalados en la empresa cumplían con los requisitos de precisión establecidos por las normas internacionales.(Barahona, 2017)

2.4. Lógica difusa en sistemas de medición de energía eléctrica

Lógica difusa y su diferencia con la lógica clásica

La lógica difusa fue propuesta por Lotfi A. Zadeh ha sido ampliamente utilizada en campos como la inteligencia artificial, el control automático y la toma de decisiones, también conocida como lógica borrosa, que permite manejar información inexacta o imprecisa. La lógica clásica, se basa en la verdad o falsedad absoluta de una proposición, la lógica difusa utiliza grados de verdad, es decir, valores numéricos que representan la probabilidad de que una proposición sea verdadera.(Zadeh, 1965)

La diferencia fundamental entre la lógica difusa y la lógica clásica radica en la forma en que manejan la incertidumbre y la imprecisión. Mientras que la lógica clásica se fundamenta en el tercero excluido, que establece que el concepto solo puede ser verdadero o falso, la lógica borrosa representa la incertidumbre y la imprecisión mediante valores numéricos en un rango continuo. (Zadeh, 1965).

Ejemplos de aplicación de la lógica difusa en diferentes campos

La lógica difusa es una herramienta matemática que ha encontrado aplicaciones en diferentes campos. Una de las aplicaciones más comunes se encuentra en la automatización de procesos industriales. (Ruano, 2007).

Otro campo en el que se ha utilizado la lógica difusa es en la toma de decisiones en sistemas expertos. Por ejemplo, la lógica difusa ha sido utilizada en la evaluación del riesgo crediticio en el sector financiero, en la evaluación de la calidad de productos en la industria alimentaria. (Bonissone & Goebel, 2002).

En ingeniería eléctrica, la lógica difusa se ha utilizado en la optimización del control de sistemas de producción y suministro de energía eléctrica. Por ejemplo, la lógica difusa ha sido utilizada en la regulación de la frecuencia y la tensión, en la regulación de potencia activa y reactiva en sistemas de generación y distribución de energía eléctrica. (Saadat et al., 2013).

Fundamentos matemáticos.

En los conjuntos difusos, los elementos pueden tener una pertenencia parcial o gradual, en lugar de una pertenencia binaria (pertenecen o no pertenecen) como en los conjuntos clásicos (Zadeh, 1965).

Se utiliza la teoría de la función de pertenencia, que describe la pertenencia de un elemento a un conjunto borroso. Esta función asigna grados de pertenencia del rango de 0 y 1 a cada elemento, lo que permite la medición de la incertidumbre y la vaguedad de los datos (Zimmermann, 2001).

Funciones de membresía y conjunto difuso

La función de membresía describe la medida de pertenencia de un elemento a un conjunto borroso, es decir, qué tan cerca o lejos se encuentra el elemento del centro del conjunto. Una función de membresía es de tipo triangular, trapezoidal, gaussiana, sigmoideal, entre otras.

Operaciones difusas (unión, intersección, complemento)

Las operaciones difusas son una parte fundamental de la lógica difusa y se utilizan para combinar conjuntos difusos. Las operaciones básicas en lógica difusa son la unión, la intersección y el complemento difusos.

La operación de unión difusa, también conocida como operación de suma de Máximos, se utiliza para combinar dos o más conjuntos difusos en uno solo. (Klir et al., 2000).

La intersección difusa, también conocida como operación de producto de Mínimos, se utiliza para combinar dos o más conjuntos difusos en uno solo. (Klir et al., 2000).

El complemento difuso es una operación que se utiliza para obtener el conjunto complementario de un conjunto borroso. El complemento difuso se establece mediante 1 menos el valor de pertenencia en cada elemento en el conjunto difuso (Klir et al., 2000).

Reglas difusas y la inferencia difusa.

Las reglas difusas y la inferencia difusa son elementos esenciales de la lógica difusa. Las reglas difusas son expresiones que analizan variables de entrada con variables de salida mediante términos lingüísticos, en lugar de utilizar términos precisos o numéricos. Estas reglas se definen mediante antecedentes y un conjunto de consecuentes.

La inferencia difusa se puede realizar mediante diferentes métodos, como el método de Mamdani, el método de Takagi-Sugeno y el método de la matriz de reglas ponderadas. Cada uno de estos métodos tiene sus propias características y se utiliza

en diferentes situaciones dependiendo de las necesidades específicas del problema en cuestión.(Ross, 2010a)

Aplicación de la lógica difusa en sistemas de medición de energía eléctrica.

En los sistemas de medición de energía eléctrica, la lógica difusa puede ser utilizada para modelar y controlar variables como el consumo de energía, la demanda eléctrica y la eficiencia energética.

La lógica difusa se ha planificado con éxito en los sistemas de medición de energía eléctrica para abordar problemas complejos no lineales que surgen en la planificación, control y gestión del gasto de energía eléctrica.(Klir & Yuan, 1995).

Otra implementación de la lógica borrosa en sistemas de medición de energía eléctrica es la identificación y corrección de problemas de eficiencia de energía, como la distorsión armónica y la fluctuación del voltaje. (Ahmed & El-Shafie, 2015).

Se ha utilizado en equipos de medición de energía eléctrica para la predicción del consumo de energía, lo que permite a las empresas anticipar y gestionar mejor su consumo de energía eléctrica. (Ramos et al., 2017).

Ventajas y limitaciones de la lógica difusa en sistemas de medición de energía eléctrica

La lógica borrosa tiene la capacidad de modelar sistemas complejos y no lineales, lo que la hace muy adecuada para aplicaciones en sistemas de medición de energía eléctrica. Además, la lógica difusa permite manejar y procesar información imprecisa o incierta, lo que es común en la medición de energía eléctrica.(Huang et al., 2018).

Otra ventaja importante de la lógica borrosa en equipos de medición de energía eléctrica es que permite una mayor flexibilidad y adaptabilidad a diferentes condiciones y entornos. La lógica difusa puede ajustar automáticamente las reglas y parámetros del sistema de medición en tiempo real, al consumo de energía y otros factores externos (Kang et al., 2016).

La lógica difusa permite una mayor transparencia y comprensión en sistemas de medición de energía eléctrica. Al utilizar reglas lingüísticas y conjuntos difusos, se pueden explicar las decisiones tomadas por el sistema de medición en términos comprensibles para los usuarios y los expertos en energía eléctrica (Majumder & Das, 2016).

Sin embargo, también indica limitaciones. Una de las principales limitaciones es que, aunque permite modelar la incertidumbre, no proporciona una relación observable para las variables. (Kumbhar & Kodag, 2016).

Casos de estudio donde se haya aplicado la lógica difusa en sistemas de medición de energía eléctrica

Un estudio desarrollado por (Akbari et al., 2019) presenta una técnica de medición de voltaje en sistemas de distribución de energía eléctrica que utiliza la lógica difusa para mejorar la precisión de la medición. Se obtuvieron resultados prometedores en términos de reducción del error de medición.

Medición de la eficiencia energética mediante lógica difusa: Este estudio desarrollado por (Kumar et al., 2016) presenta una técnica que utiliza lógica difusa para mejorar precisión de la medición. Se obtuvieron resultados prometedores en términos de precisión y eficiencia de la técnica propuesta.

CAPÍTULO 3

3.1. Análisis estadístico del sistema de medición eléctrica.

El propósito del análisis estadístico es tomar en consideración todas las variables necesarias para el consumo de energía eléctrica, dado que el universo estadístico conglomerar valores demasiado grandes se divide en una muestra discreta aleatoria que se define mediante la ecuación 1.

$$n = \frac{p * q * Z^2}{e^2} \quad (1)$$

donde:

n: Tamaño de muestra necesario.

Z: Nivel de confianza deseado.

p: Proporción de la población.

q: Complemento de la proporción (1 – *p*).

e: Margen de error.

Las variables, como el grupo de consumo, facturación por unidad de consumo eléctrico, geográficas, el estrato de consumo eléctrico, el tipo de tarifas eléctricas, marcas de medidores, entre otras según se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Variables del estudio.

Zona geográfica.	Facturación por unidad de consumo eléctrico.	Grupo de Consumo.	Tarifas eléctricas.	Marca de Medidores eléctricos.	Estratos de demanda eléctrica.
------------------	--	-------------------	---------------------	--------------------------------	--------------------------------

Fuente: Autor.

Las variables utilizadas en el análisis estadístico son de un operador de energía eléctrica (véase anexo 1), la cual cuenta con información detallada y precisa sobre el gasto energético de su área de operaciones. La empresa tiene procesos y protocolos rigurosos para garantizar la eficiencia de los datos recopilados, mediante la realización de pruebas de validación y verificación para garantizar la exactitud y confiabilidad de las variables significativas, estas medidas aseguran que los datos se encuentran en un nivel

de confianza elevado, lo que proporciona una base sólida para sus análisis estadísticos y la toma de decisiones.

Los métodos de estadística descriptiva son utilizados para el análisis de las variables, que establecen patrones, tendencias y relaciones que no son evidentes a simple vista.

3.2. Análisis zona geográfica.

Para llevar a cabo el análisis de un universo conglomerado por 225,000 usuarios, se utiliza la ecuación 1 para establecer el tamaño de la muestra. Con un nivel de confianza del 98.33%, una proporción de la población del 0.50, y un porcentaje de error del 0.01, se estableció que el tamaño muestral requerido del conjunto de datos del operador del sistema de distribución de energía eléctrica es de 5,019, este valor se redondea a 5,000, para lograr una distribución uniforme y ajustar el tamaño de la muestra a un número entero, ya que no se pueden seleccionar fracciones de una unidad de muestra cómo se indica en ecuación 2.

$$n = \frac{0.5 * 0.5 * (2.33)^2}{(0.01)^2} = 5,019 \quad (2)$$

La muestra se dividió en 5 grupos, correspondientes a 5 parroquias teniendo en consideración que el 66% de la población total corresponde a zonas urbanas y el 33% a zonas rurales, por lo que se determina que por cada 3 o más parroquias urbanas seleccionadas, una parroquia rural tiene que ser considerada en el estudio con el objetivo de representar adecuadamente la variabilidad existente en la población.

La muestra de cada grupo se subdivide en un componente de 1,000 usuarios, seleccionados de manera aleatoria por el hecho de que esta cantidad permite la obtención representativa del universo total, lo que al seleccionar una cantidad igual de subgrupos, se asegura que tengan la misma oportunidad de ser representados en la muestra, indicado en la tabla 2. Lo que aumenta la precisión y validez de los resultados y permite tener un alcance y comparación de las características gasto energético en estas diferentes zonas geográficas, lo que representa una población de interés, con diferentes características socioeconómicas y de consumo eléctrico

Tabla 2. Datos representativos de la muestra.

Parroquias	Numero de muestras
El Batán	1000
Monay	1000
San Sebastián	1000
Totoracocha	1000
Valle	1000
Total	5000

Fuente: Autor

La figura 1 corresponde a un diagrama de dispersión, donde se puede diferenciar las distribución de las parroquias seleccionadas con su muestra correspondiente.

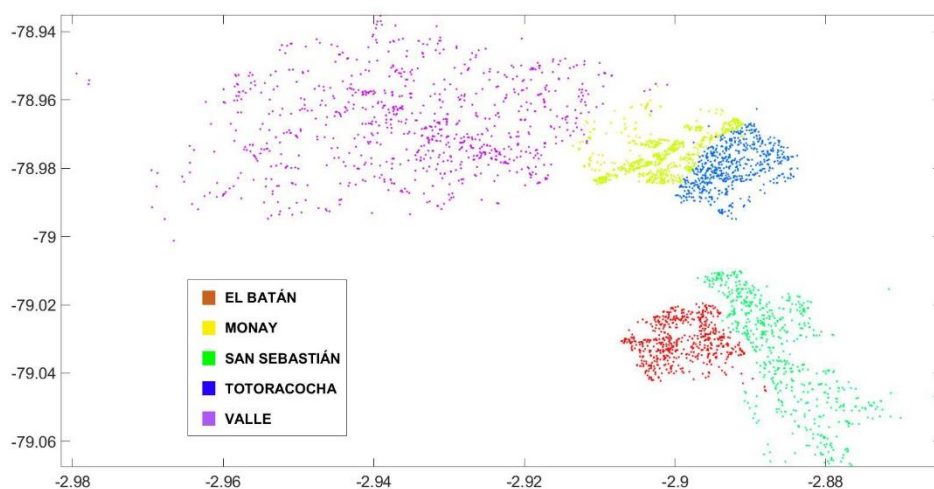


Fig. 1 Diagrama de dispersión parroquias.

Fuente: Autor.

3.3. Análisis de marcas de medidores eléctricos.

Para poder llevar a cabo un análisis estadístico preciso y completo, cada muestra realiza un estudio de las características de cada variable, identificando patrones y tendencias en el consumo de energía y en el tipo de marca de medidores presentes como se indica en la tabla 3.

Tabla 3. Marca de medidores.

Marca Medidores	Cantidad	Marca Medidores	Cantidad
Abb	3	Landis	1
Aeg	1	Lintin	386
Aem	60	Nansen	1
Conteleca	4	Ningbo	3
Elster	40	Sanxing	1
Fae	26	Schneider	1
Galileo	1	Sco	19
General electric	1	Siemens	3
Hexing	2815	Sin marca conocida	2
Hiking	6	Songhe	173
Holley	22	Star	158
Honeywell	3	Sunrise	213
Intech	52	Wasion	312
Krizik	1	Xili	679
		Nummissing	13

Fuente: Autor

En la figura 2 corresponde a un gráfico de columnas donde se puede diferenciar la distribución de frecuencias de las diferentes marcas de medidores.

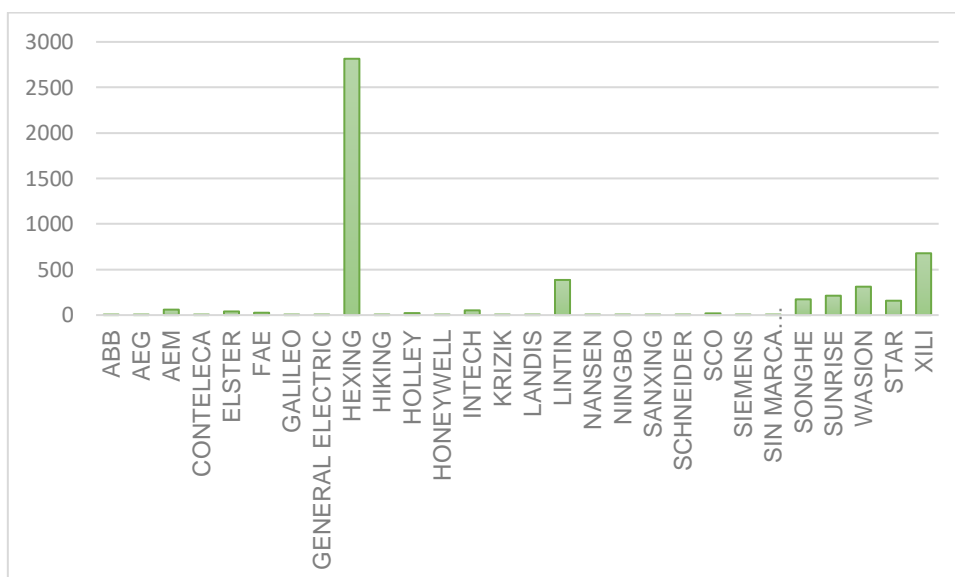


Fig. 2. Columnas agrupadas por marca de medidores.

Fuente: Autor.

Las marcas de medidores en las parroquias nos dan como resultado que la marca Hexing tiene una mayor presencia con una frecuencia relativa del 56%, seguida de la marca Xili con el 14% y la marca Lintin con el 8%. Por otro lado, se observa que

las marcas Wasion y Sunrise tienen una menor presencia en comparación con las otras marcas mencionadas, con frecuencias relativas del 6% y 4% respectivamente.

Se puede complementar el análisis de las marcas de medidores en la figura 3 que corresponde a un tipo de representación “Wordcloud” que permitiría visualizar de manera gráfica e intuitiva la frecuencia de las distintas marcas presentes en las mediciones de las parroquias.



Fig. 3. Gráfico tipo “Wordcloud” de marcas de medidores.

Fuente: Autor

Análisis de los tipos de medidores de energía eléctrica.

Después de analizar las marcas de medidores, se analiza el tipo de medidores. Los resultados arrojaron que, del total de 5000 medidores, 4878 son medidores electrónicos y 122 son electromecánicos, lo que representa una frecuencia relativa del 98% y 2% conjuntamente representado en la tabla 4. Esto indica que la mayoría de los medidores en la muestra son electrónicos, lo que sugiere una tendencia representativa al uso de tecnología más moderna para la medición energética.

Tabla 4. Tipos de medidores.

Tipo de medidor	Cantidad
Medidor Electrónico	4878
Medidor Electromecánico	122

Fuente: Autor

La figura 4, revela un crecimiento hacia el uso de medidores electrónicos en la muestra analizada.

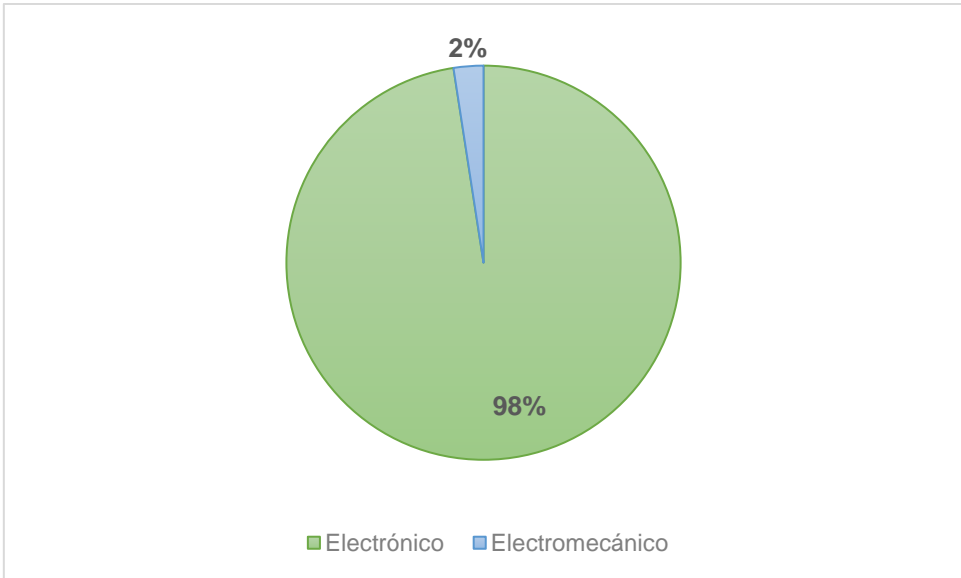


Fig. 4. Gráfico tipo "Circular" del tipo de medidor eléctrico.

Fuente: Autor

Análisis de las marcas y tipos de medidores utilizados en el sistema de medición de energía eléctrica

Se realiza una identificación hacia la tendencia de uso del tipo de medidor para cada marca. La figura 5 de tipo 'stem', indica la distribución de cada tipo de medidor para cada marca.

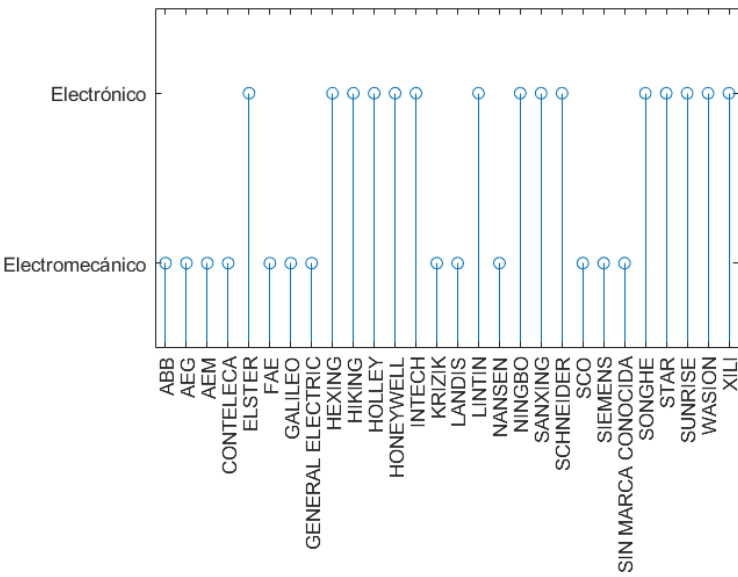


Fig. 5. Gráfico tipo "Stem" distribución de tipo de medidor según su marca.

Fuente: Autor

La marca Hexing tiene una tendencia hacia el uso de medidores electrónicos, mientras que las marcas Xili, Lintin, Wasion y Sunrise tienen una tendencia mixta entre el uso de medidores electrónicos y electromecánicos.

3.4. Análisis del tipo de conexión eléctrica.

El siguiente análisis corresponde al tipo de conexión eléctrica que determina que el 5% de las conexiones son monofásicas, mientras que el 87% son bifásicas y el 8% restante son trifásicas como se indica en la figura 6.

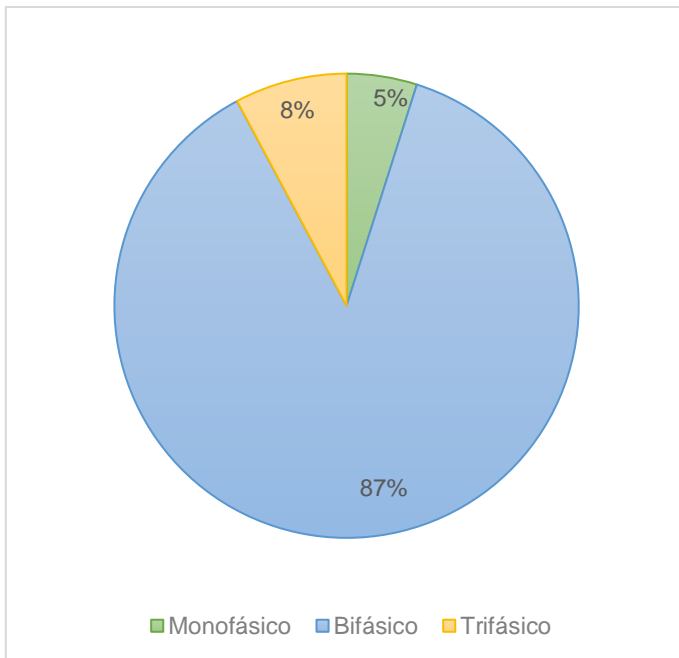


Fig. 6. Tipos de conexiones eléctricas.

Fuente: Autor

Dado que el 87% de las conexiones son bifásicas, lo convierte en un dato muy representativo, lo que un análisis enfocado al tipo de conexión para cada una de las muestras seleccionadas tal y como se indica en la figura 7.

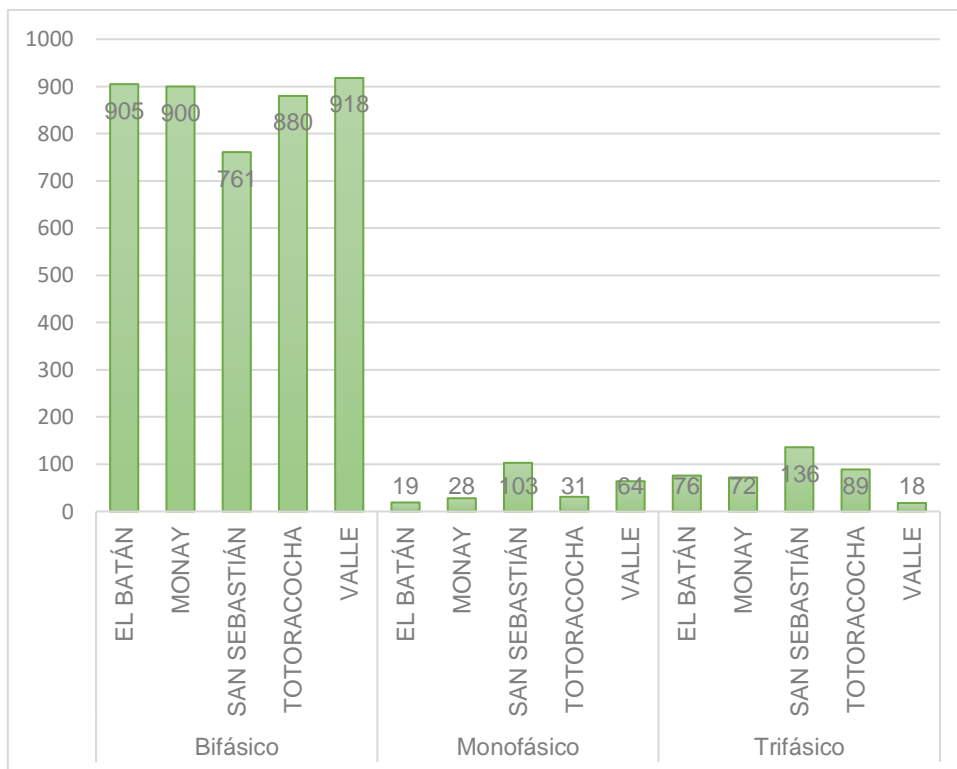


Fig. 7. Distribución de los tipos de conexiones en cada parroquia.

Fuente: Autor

Se observa que la parroquia rural "Valle" tiene la mayor cantidad de conexiones bifásicas con 918, seguida por la parroquia urbana "El Batán" con 905 conexiones. Por otro lado, las parroquias "Monay" y "Totoracocha" presentan una cantidad similar de conexiones bifásicas, con 900 y 880 respectivamente. Mientras que la parroquia de "San Sebastián" presenta la menor cantidad de conexiones bifásicas con 761. Estos resultados pueden ser útiles para entender las necesidades energéticas de cada parroquia.

Análisis del tipo de conexión eléctrica, y las marcas de medidores eléctricos.

Para obtener una comprensión más significativa de cómo se complementan estas variables entre sí, un análisis de frecuencias de las 5 marcas de medidores más representativas, considerando su tipo de conexión (monofásica, bifásica o trifásica). Esto permitiría identificar patrones más específicos y obtener una visión más completa del uso de los medidores presentes en cada muestra, referenciado en la tabla 5.

Tabla 5. Marca de medidores y su tipo de conexión.

Top 5 marcas medidores	Conexión Monofásica	Frecuencia	Conexión Bifásica	Frecuencia	Conexión Trifásica	Frecuencia
Hexing	70	2%	2572	58%	173	4%
Lintin	0	0%	341	8%	45	1%
Sunrise	66	1%	98	2%	49	1%
Wasion	0	0%	312	7%	0	0%
Xili	0	0%	663	15%	16	0%
Total		3,087%		90,488%		6,425%

Fuente: Autor

Se obtuvo que los medidores que pertenecen a la marca Hexing con un 58%, seguida de Xili con el 15%, Lintin con el 8% y Wasion con el 7%, lo que da un total del 90,48% en la conexión bifásica.

Podemos destacar que la marca Hexing sigue siendo la más utilizada en el sistema bifásico, representando más de la mitad de las conexiones. Además, es interesante notar que la marca Xili también tiene una presencia significativa en este sistema, mientras que Lintin y Wasion son menos utilizadas. En cuanto al sistema monofásico, y trifásico la presencia de la marca Hexing es aún más marcada, lo que sugiere que esta marca es la de mayor distribución a los usuarios en general.

3.5. Análisis de grupos de consumo eléctrico.

Según su grupo de consumo (residencial, comercial, industrial, otras). Esta variable es esencial ya que cada grupo de consumo presenta particularidades en cuanto a patrones de uso, requerimientos y consumos de energía eléctrica, en la tabla 6 se pueden identificar la división según los grupos de consumo.

Tabla 6. División según el grupo de consumo

Grupo de consumo	Cantidad	Frecuencia
Comercial	394	8%
Residencial	4499	90%
Industrial	69	1%
Otros	38	1%

Fuente: Autor

Se puede obtener una representación más palpable y figurativo través de la figura 8.

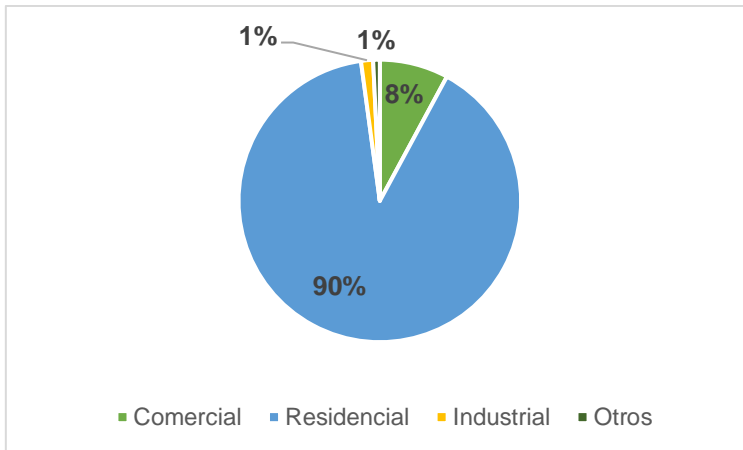


Fig. 8. Distribución de grupos de consumo eléctricos de las parroquias.

Fuente: Autor

Análisis de los grupos de consumo según las marcas de medidores eléctricos.

Al considerar el análisis previo donde según el tipo de conexión, se demostró que el 58% de las conexiones son bifásicas y su mayoría corresponden a la marca Hexing, es posible deducir que esta marca podría ser la más utilizada en el sector residencial, que corresponde al 90% del consumo eléctrico en las parroquias analizadas.

Finalmente, el bajo porcentaje de consumo correspondiente al sector industrial y otros (1%) sugiere que estos sectores no son significativos en términos de consumo eléctrico en las parroquias estudiadas, como se indica en la figura 9.

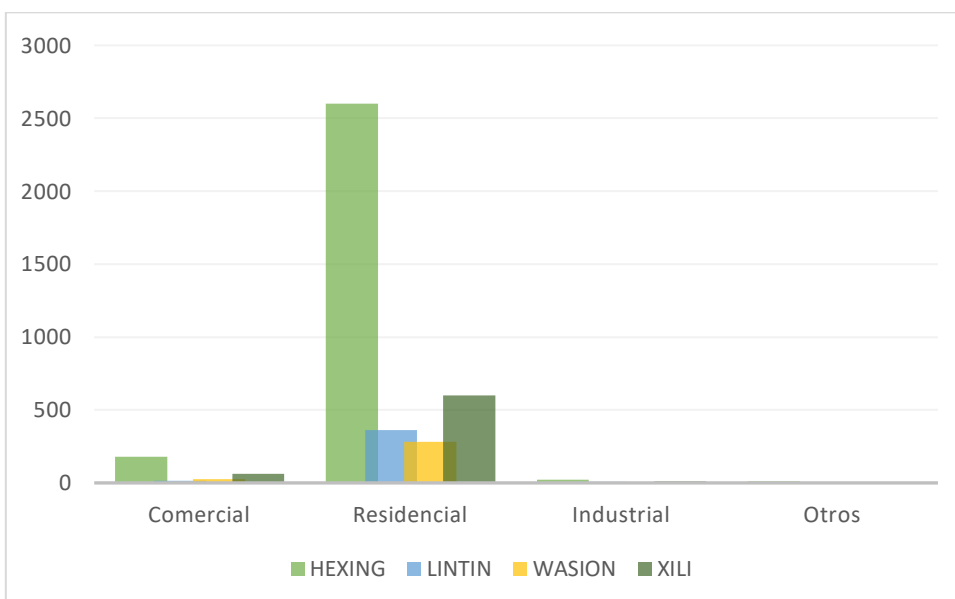


Fig. 9. Distribución de grupos de consumo eléctricos según marca de medidor.

Fuente: Autor

3.6. Análisis de los tipos tarifas eléctricas.

Una vez obtenida la tendencia de consumo y conociendo que el grupo residencial representa el 90% del total de la muestra, podemos analizar de manera más precisa la variable de las distintas tarifas eléctricas asociadas a cada grupo de consumo. Para ello, se presenta en la figura 10 el detalle correspondiente a cada una de las tarifas.

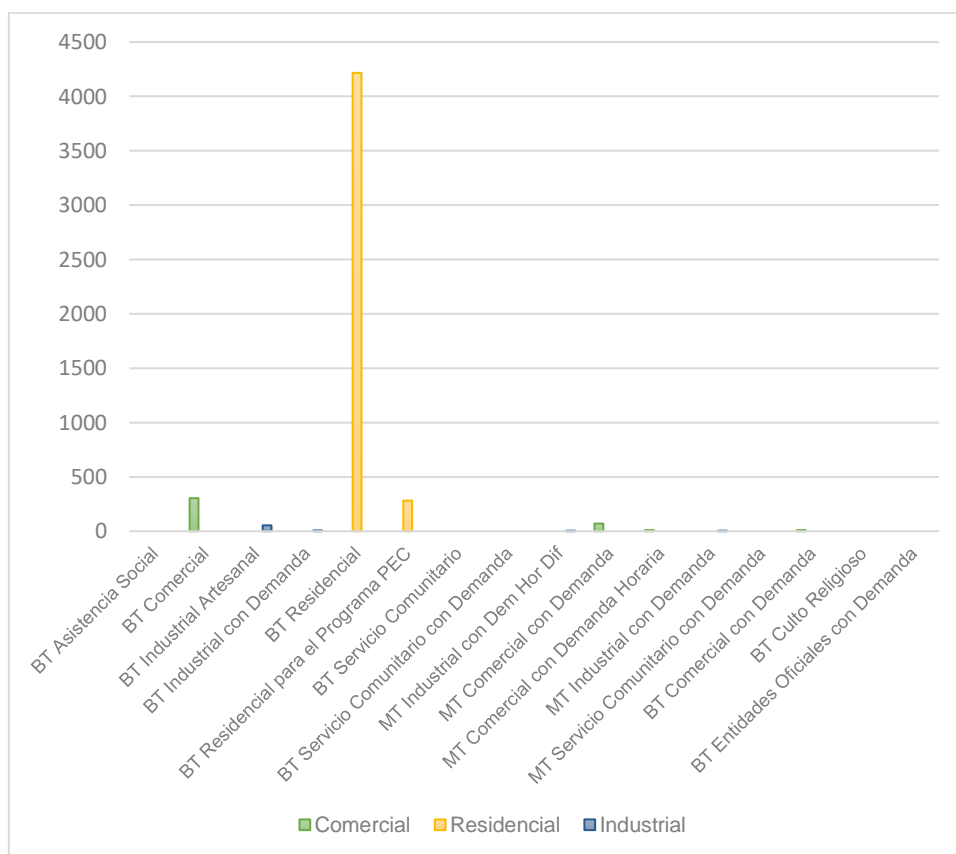


Fig. 10. Distribución tipo de tarifas de las parroquias.

Fuente: Autor

Análisis de los tipos tarifas eléctricas según su grupo de consumo.

Se observó un patrón de crecimiento en general en las parroquias, evidenciando que la tarifa eléctrica "BT Residencial" es la más utilizada con una frecuencia del 85% sobre las demás. Al dividir cada una de las tarifas según el grupo de consumo en la tabla 7, se obtiene información más simplificada.

Tabla 7. División según el grupo de consumo y su tarifa

Tipo de tarifa	Grupo de consumo comercial	Frecuencia	Grupo de consumo residencial	Frecuencia	Grupo de consumo industrial	Frecuencia
BT Asistencia Social	0	0%	0	0%	0	0%
BT Comercial	304	6%	0	0%	0	0%
BT Industrial Artesanal	0	0%	0	0%	54	1%
BT Industrial con Demanda	0	0%	0	0%	7	0%
BT Residencial	0	0%	4217	84%	0	0%
BT Residencial para el Programa PEC	0	0%	282	6%	0	0%
BT Servicio Comunitario	0	0%	0	0%	0	0%
BT Servicio Comunitario con Demanda	0	0%	0	0%	0	0%
MT Industrial con Dem Hor Dif	0	0%	0	0%	5	0%
MT Comercial con Demanda	70	1%	0	0%	0	0%
MT Comercial con Demanda Horaria	10	0%	0	0%	0	0%
MT Industrial con Demanda	0	0%	0	0%	3	0%
MT Servicio Comunitario con Demanda	0	0%	0	0%	0	0%
BT Comercial con Demanda	10	0%	0	0%	0	0%
BT Culto Religioso	0	0%	0	0%	0	0%
BT Entidades Oficiales con Demanda	0	0%	0	0%	0	0%

Fuente: Autor

Después de realizar el análisis correspondiente a la variable de tarifa de consumo según el tipo de conexión y grupo de consumo, se pudo observar que la

mayoría de los consumidores pertenecen a la tarifa “BT Residencial”, con una frecuencia representativa del 84%. En segundo lugar, se encuentra la tarifa “BT Comercial” con un 6% de frecuencia, seguida por la tarifa “BT Residencial para el programa PEC” también con un 6%.

Por último, se destaca la tarifa “BT Industrial Artesanal” tienen una frecuencia del 1%. Es importante tener en cuenta que la tarifa de consumo puede influir en el gasto energético y, por consecuencia, la representación de facturación para los consumidores.

3.7. Análisis tarifa “BT comercial”

Tomando también en cuenta que la tarifa de “BT Comercial” tiene una relevancia significativa del 6% sobre la muestra, la tabla 8 analiza cómo actúa esta tarifa en cada parroquia.

Tabla 8. Tarifa BT Comercial por parroquias.

Tarifa BT Comercial	Frecuencia	Frecuencia Relativa
El Batán	82	27%
Monay	35	12%
San Sebastián	66	22%
Totoracocha	95	31%
Valle	26	9%
TOTAL	304	100%

Fuente: Autor

Después de realizar el análisis correspondiente a la tarifa de BT Comercial, se encontró que la parroquia que predomina en esta tarifa es "Totoracocha" con un total de 95 clientes. Le siguen "El Batán" con 82 clientes, "San Sebastián" con 66 clientes, "Monay" con 35 clientes y finalmente "Valle" con 26 clientes como lo indica la figura 11.

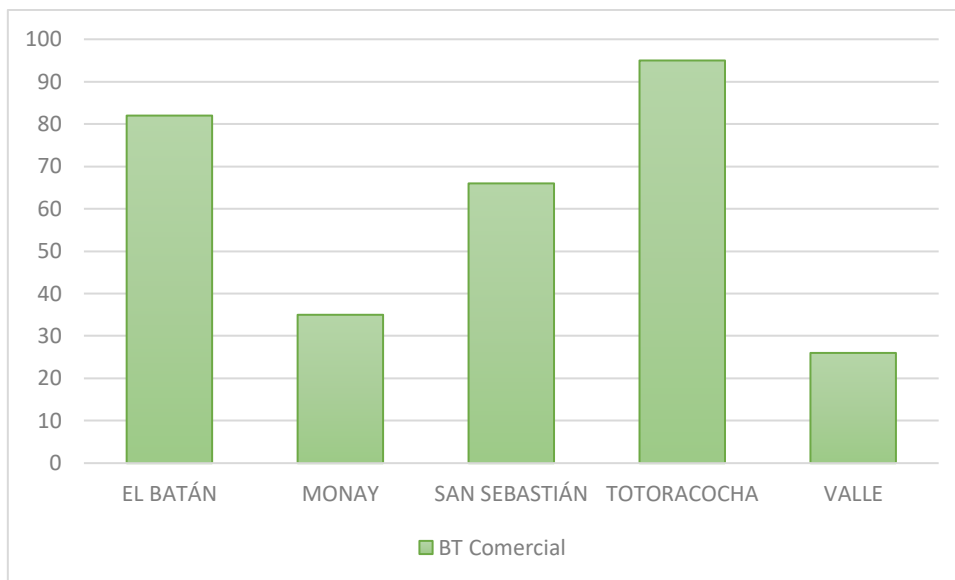


Fig. 11. Distribución de la tarifa "BT comercial" de las parroquias.

Fuente: Autor

3.8. Análisis tarifa "BT Residencial"

Las tarifas residenciales como se mencionó tienen un 90% de relevancia, con ello se analiza cual parroquia tiene mayor impacto, como lo detalla la tabla 9.

Tabla 9. Tarifa "BT Residencial" por parroquias.

Tarifa BT Residencial	Frecuencia	Frecuencia Relativa
El Batán	816	19%
Monay	854	20%
San Sebastián	828	20%
Totoracocha	830	20%
Valle	889	21%
TOTAL	4217	100%

Fuente: Autor

Se puede aseverar que la tarifa de BT Residencial es la más utilizada en todas las parroquias. Además, la cantidad de clientes en esta tarifa es bastante equilibrada en todas las parroquias, referenciado en la figura 12, lo que se refiere a un nivel de voltaje eléctrico utilizado para hogares, y pequeñas industrias.

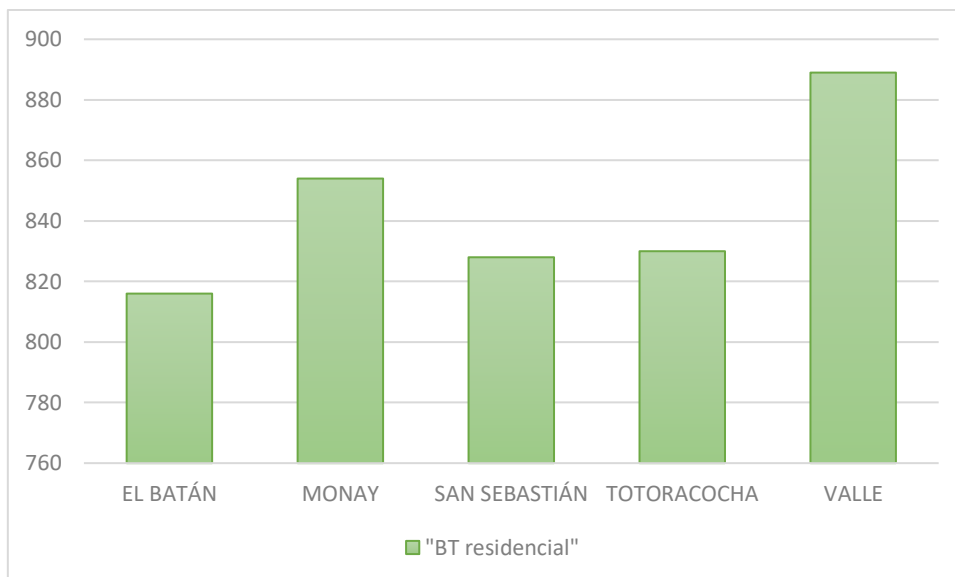


Fig. 12. Distribución de la tarifa "BT Residencial" de las parroquias.

Fuente: Autor

3.9. Análisis tarifa "BT Residencial para el programa PEC"

Para la tarifa residencial para el programa PEC las parroquias Monay y Valle sobresalen sobre las demás parroquias debido a que esta tarifa busca aumentar la eficiencia del suministro de energía eléctrica ya que esta tarifa varía según el consumo de cada cliente como lo indica la tabla 10.

Tabla 10. Tarifa "BT Residencial para el programa PEC" por parroquias.

Tarifa BT Residencial	Frecuencia	Frecuencia Relativa
El Batán	47	17%
Monay	79	28%
San Sebastián	44	16%
Totoracocha	40	14%
Valle	72	26%
TOTAL	282	100%

Fuente: Autor

La cantidad de clientes en esta tarifa ya no es equilibrada en comparación a la anterior tarifa, en las parroquias Monay y San Sebastián existe una mayor frecuencia de uso por parte de los usuarios referenciado en la representación 13. Se observa en la parroquia Totoracocha se encuentra la menor cantidad de usuarios para esta tarifa, mientras que en la tarifa comercial se destaca por encima de las demás. Esto sugiere que esta parroquia se encuentra en una zona predominantemente comercial.

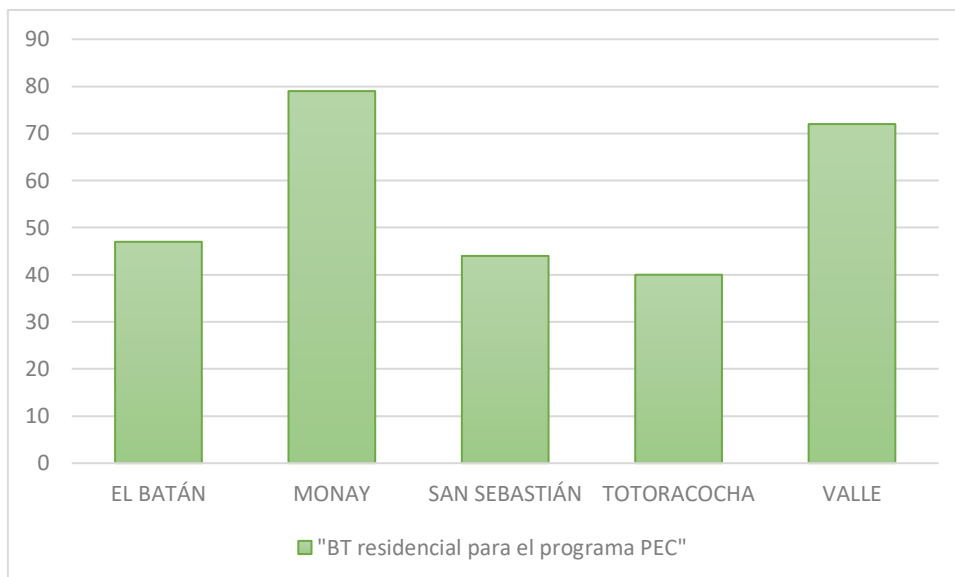


Fig. 13. Distribución de la tarifa "BT Residencial para el programa PEC" de las parroquias.

Fuente: Autor

3.10. Análisis de la Tarifa "BT Industrial Artesanal"

Dado que el 1% de los usuarios pertenece al grupo de consumo industrial. Es importante destacar que parroquia tiene mayor presencia de la tarifa BT Industrial artesanal ya que es relevante en este análisis. Realizando un estudio de frecuencia se han obtenido los resultados se encuentran en la tabla 11.

Tabla 11. Tarifa "BT Industrial Artesanal" por parroquias.

Tarifa BT Residencial	Frecuencia	Frecuencia Relativa
El Batán	17	31%
Monay	13	24%
San Sebastián	7	13%
Totoracocha	11	20%
Valle	6	11%
TOTAL	54	100%

Fuente: Autor

Es interesante destacar que en la tarifa de BT Industrial Artesanal, todas las parroquias indican limitados clientes en relación con las tarifas de BT residencial y Comercial como se indica en la figura 14.

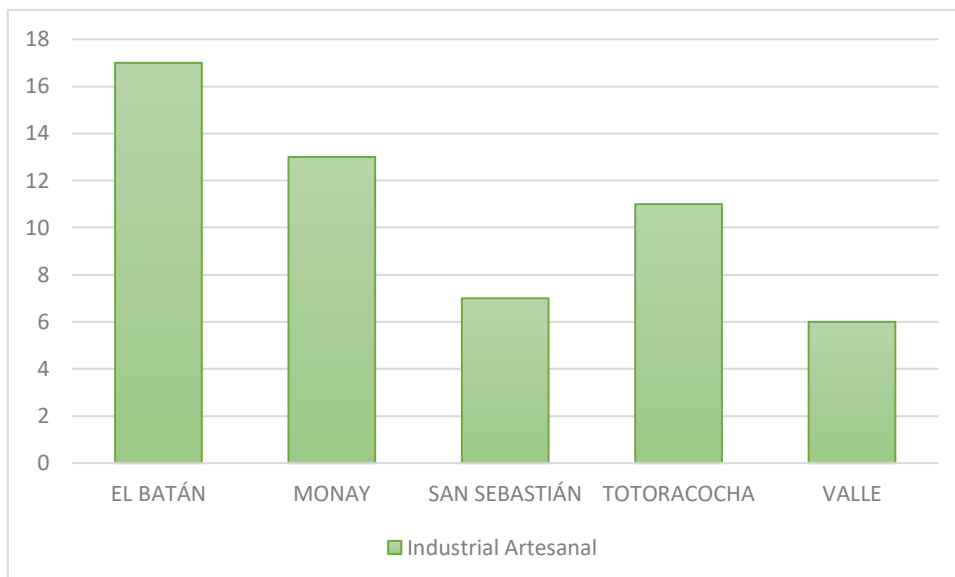


Fig. 14. Distribución de la tarifa "BT Industrial Artesanal" de las parroquias.

Fuente: Autor

En relación a la categoría de tarifa BT Industrial artesanal, se puede observar que la parroquia de El Batán registra el mayor número de clientes, seguida de cerca por Monay, lo que sugiere que estas zonas tienen una mayor actividad económica en términos de industrias artesanales. Por el contrario, San Sebastián y Valle son las parroquias con menor cantidad de clientes en esta tarifa.

3.11. Análisis Estratos de consumo de energía eléctrica

Teniendo en cuenta los análisis anteriores, es importante realizar un análisis de los distintos estratos de consumo de energía eléctrica que se dividen en cinco categorías: E, D, C, B y A, cada una con un rango de consumo mensual específico en kilovatios hora (kWh). El estrato E es el de menor consumo, con un intervalo de 1-60 kWh, mientras que el estrato A es el de mayor consumo, con un intervalo de 310+ kWh. Este análisis permitirá identificar la distribución del consumo de energía eléctrica en las distintas parroquias y su relación con los grupos de consumo y las tarifas eléctricas correspondientes como se indica en la figura 15 donde se relacionan los estratos de consumo con cada una de las parroquias.

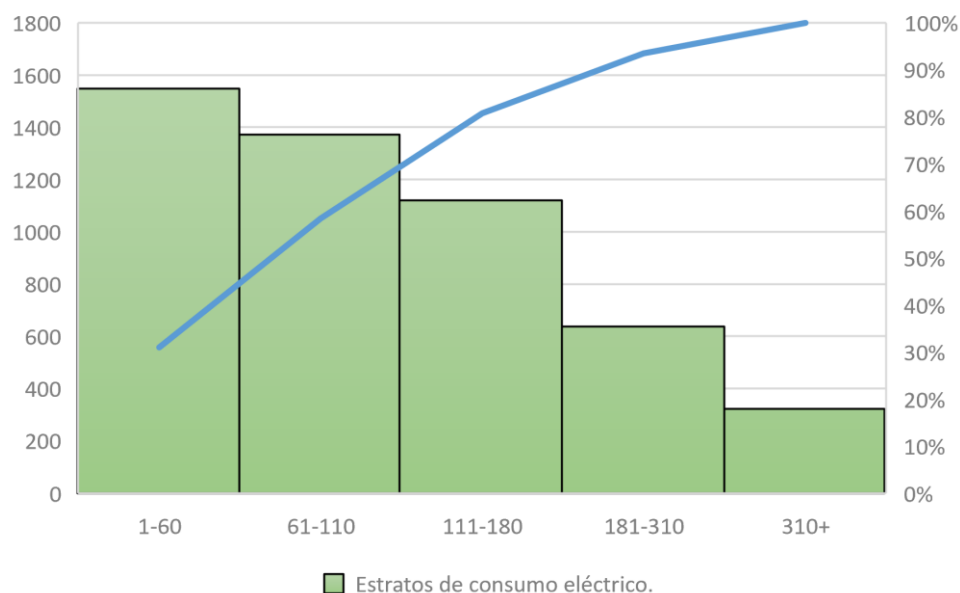


Fig. 15. Distribución de los estratos de consumos eléctricos de cada parroquia.

Fuente: Autor

La figura 15 nos indica que tiene valores atípicos a la derecha es decir que su media de datos es mayor a la mediana, con esta información se puede obtener datos muy relevantes que según las lecturas mensuales en kW/h de cada cliente para referenciarlos mejor, la tabla 12 nos indica la frecuencia de aparición de cada uno de los estratos de consumo.

Tabla 12. Distribución de estratos de consumos eléctricos.

Estratos	Kwh	Frecuencia	Frecuencia Relativa
E	1-60	1548	31%
D	61-110	1372	27%
C	111-180	1121	22%
B	187-310	637	13%
A	310+	322	6%
TOTAL		5000	100%

Fuente: Autor

Análisis por estrato de consumo eléctrico de cada parroquia.

Cada estrato de consumo eléctrico es de mucha importancia porque permiten establecer una tarifa diferencial según el poder adquisitivo de los consumidores energéticos, de manera que los que tienen menores ingresos pagan tarifas más bajas que los que tienen mayores ingresos, por ello se realiza una distribución que divide lo

indicado en la tabla 12 ahora para la observación de cómo actúa cada estrato de consumo en cada parroquia referenciado mediante la tabla 13.

Tabla 13. Distribución de estratos de consumos eléctricos en cada parroquia.

Estratos	El Batán	Monay	San Sebastián	Totoracocha	Valle	TOTAL
E	284	259	334	315	356	1548
D	256	316	222	269	309	1372
C	229	237	233	226	309	1121
B	141	133	134	124	105	637
A	90	55	77	66	34	322
TOTAL	1000	1000	1000	1000	1000	5000

Fuente: Autor

Según el análisis el estrato de menor consumo, la parroquia rural Valle tiene un mayor porcentaje de bajo consumo eléctrico, en la parroquia El Batán se observa una mayor concentración de clientes en los estratos de consumo más elevados como se indica en la figura 16, lo cual sugiere una gran cantidad de usuarios potenciales en esta zona urbana, donde se destacó una proyección comercial e industrial para esta parroquia en comparación con otras. En consecuencia, se puede prever que El Batán tendrá costos más elevados en términos de consumo eléctrico al momento de realizar el análisis de la variable de facturación por unidad de consumo eléctrico..

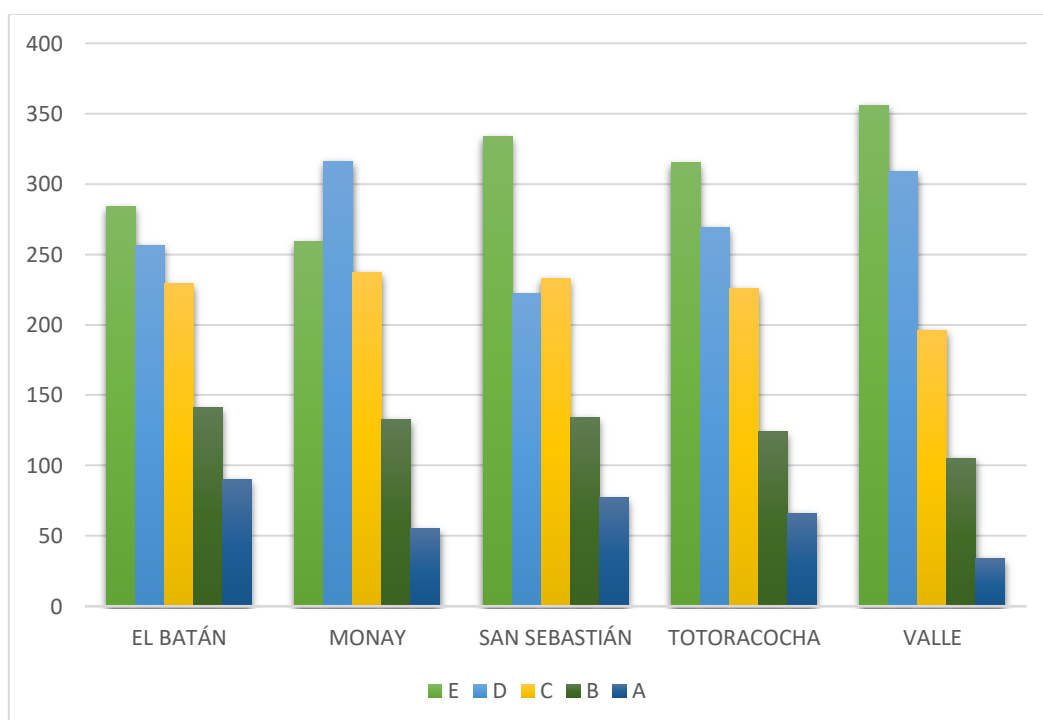


Fig. 16. Distribución de los estratos de consumos eléctricos.

Fuente: Autor

Análisis por estrato de consumo eléctrico según el tipo de medición.

Teniendo ya un análisis del tipo de medidor, del cómo actúan según cada parroquia podemos realizar una nueva distribución de cómo actúan los tipos de medidores según su estrato de consumo eléctrico, según como indica la tabla 14.

Tabla 14. Distribución de estratos de consumos eléctricos según el tipo de medidor.

Estratos	Kwh	Frecuencia medidores Electrónicos	Frecuencia Relativa	Frecuencia medidores Electromecánicos	Frecuencia Relativa
E	1-60	1505	30%	43	1%
D	61-110	1353	27%	19	0%
C	111-180	1098	22%	23	0%
B	187-310	615	12%	22	0%
A	310+	307	6%	15	0%
TOTAL		4878	98%	122	2%

Fuente: Autor

El 98% de los medidores son electrónicos, mientras que el 2% restante son electromecánicos. Cada estrato se divide de la siguiente manera: el estrato E con el 30%, el estrato D con el 27%, el estrato C con el 22%, el estrato B con el 12% y finalmente el estrato A con el 6% correspondiente a la variable según su tipo de medidor.

Análisis de los diferentes estratos de consumo eléctrico mediante el uso de medidores electrónicos.

La tabla 15 indica que en la tarifa residencial el estrato E tiene un 27% de los clientes, mientras que el estrato D un 26%, el estrato C un 21%, el estrato B un 11% y el estrato A un 4%. Estos resultados sugieren que la mayor cantidad de usuarios se localizan en los estratos más bajos de consumo.

Tabla 15. Distribución de estratos de consumos eléctricos mediante medidores electrónicos.

Residencial	Frecuencia Relativa	Comercial	Frecuencia Relativa	Industrial	Frecuencia Relativa
1338	27%	131	3%	18	0%
1289	26%	49	1%	6	0%
1043	21%	45	1%	5	0%
556	11%	41	1%	16	0%
187	4%	99	2%	2	0%

Fuente: Autor

Los medidores electrónicos en la tarifa comercial, se puede observar que el estrato E tiene la mayor frecuencia con un 3%, seguido por el estrato A con un 2%. Los estratos D, C y B tienen una frecuencia del 1%.

Es importante mencionar que el número total de medidores en la tarifa comercial es significativamente menor en comparación con la tarifa residencial, lo que puede explicar las diferencias en las frecuencias de los estratos. Se puede destacar que, en la tarifa comercial, el número de medidores electrónicos es mucho menor en comparación con la tarifa residencial. Una observación relevante es que, en la tarifa comercial, el estrato E tiene la mayor frecuencia, lo que indica que los clientes en esta tarifa se equiparan a los clientes de la tarifa residencial en el mismo estrato de consumo eléctrico.

3.12. Análisis de la facturación por unidad consumo eléctrico.

Análisis de la facturación por estrato según su consumo eléctrico.

En las secciones anteriores se ha realizado un análisis detallado de las diferentes variables mencionadas al principio del capítulo tales como, estratos de consumo eléctrico, los tipos de medidores utilizados, grupos de consumo eléctrico y las diferentes tarifas aplicadas a la muestra. Ahora se enfocará en analizar la variable económica según los diferentes estratos de consumo eléctrico como se indica en la tabla 16.

Este análisis permitirá comprender cómo se distribuyen los costos de la energía eléctrica en los diferentes estratos, lo que genera implicaciones significativas en la elaboración de estrategias y de decisiones vinculadas con el consumo eléctrico.

Tabla 16. Distribución de Facturación según estratos de consumos eléctricos.

Estratos	Residencial	Comercial	Industrial
E	\$ 13,587.16	\$ 3,128.63	\$ 507.72
D	\$ 22,482.19	\$ 1,497.79	\$ 208.74
C	\$ 31,124.19	\$ 1,751.05	\$ 268.54
B	\$ 24,015.19	\$ 2,474.37	\$ 1,124.33
A	\$ 16,197.27	\$ 18,279.58	\$ 5,211.49

Fuente: Autor

Gran parte de los usuarios se encuentran en los estratos D y C, ya que la facturación total de ambos estratos es significativamente mayor que la de los demás estratos. Además, el estrato B también presenta una facturación considerablemente alta. Por otro lado, el estrato E presenta la menor facturación, con una observación de un patrón determinante, donde el análisis de distribución de frecuencias determinó que tenía la mayor frecuencia relativa sobre los otros estratos de consumo eléctrico.

Se han obtenido resultados interesantes al analizar la facturación de cada estrato enfocado a los medidores electrónicos en la tarifa comercial, lo primero que destaca en estos resultados es que la facturación total de la tarifa comercial es mucho menor en comparación con la tarifa residencial, lo cual es de esperar dado que hay menos clientes en esta categoría. Además, se puede observar que el estrato A representa la mayor cantidad de ingresos en la tarifa comercial, lo cual puede indicar que hay pocos clientes comerciales, pero con un consumo muy alto. En resumen, los resultados sugieren, aunque la facturación de los clientes de la tarifa residencial es más relevante en general, la tarifa comercial también representa una parte significativa de los ingresos, especialmente en el estrato A.

Al analizar los datos de facturación de cada estrato en la tarifa industrial, se puede observar que el estrato A representa la mayor cantidad de ingresos con un total de \$5,211.49, seguido por el estrato B con \$1,124.33. Por otro lado, los estratos C, D y E tienen una contribución menor a los ingresos totales, con montos de facturación de \$268.54, \$208.74 y \$507.72, respectivamente.

El análisis de la facturación por estrato según su grupo de consumo residencial por cada parroquia, como se indica en la tabla 17. Este análisis permite identificar las parroquias con mayor consumo de energía eléctrica, lo que puede ser útil para el proceso de toma de soluciones para la distribución de recursos y planificación energética en estas zonas.

Tabla 17. Distribución de Facturación según estratos de consumos eléctricos residencial.

Estratos	El Batán	Monay	San Sebastián	Totoracocha	Valle
E	\$ 2,055.80	\$ 2,499.81	\$ 2,315.40	\$ 2,789.43	\$ 3,932.72
D	\$ 4,290.02	\$ 5,205.95	\$ 3,678.86	\$ 4,208.41	\$ 5,098.95
C	\$ 6,453.43	\$ 7,061.97	\$ 5,765.91	\$ 6,206.02	\$ 5,636.86
B	\$ 5,742.79	\$ 5,327.35	\$ 4,479.98	\$ 4,345.23	\$ 4,119.84
A	\$ 5,085.41	\$ 2,735.77	\$ 3,926.92	\$ 2,438.08	\$ 2,011.11

Fuente: Autor

El estrato E de la tarifa residencial se puede destacar que la parroquia "Valle" es la que mayor facturación tiene, con un total de \$3,932.72. Además, es interesante observar que, aunque la parroquia "El Batán" tiene la facturación más baja en este estrato, aun así, tiene un valor significativo de \$2,055.80, lo que indica que hay un consumo eléctrico en esa zona que debe ser tomado en cuenta. También se puede notar que en general hay un patrón de facturación similar en las diferentes parroquias para este estrato, con valores cercanos entre sí.

Mientras que el estrato D de la tarifa residencial, la parroquia "Monay" tuvo el mayor valor total de facturación con \$5,205.95, seguida por la parroquia rural "Valle" con \$5,098.95. La parroquia "El Batán" y "Totoracocha" también presentaron un alto valor de facturación en este estrato, con \$4,290.02 y \$4,208.41 respectivamente. Por otro lado, la parroquia "San Sebastián" tuvo el valor más bajo de facturación en este estrato, con \$3,678.86.

En el análisis del estrato C, se puede observar que la parroquia con el mayor valor total facturado es "Monay" con \$7,061.97, seguida de "El Batán" con \$6,453.43. Además, se puede notar que en general, las parroquias tienen valores de facturación más cercanos entre sí en este estrato en comparación con los estratos anteriores.

A diferencia de lo que se observó en el estrato E, donde la parroquia Valle presentó la facturación más alta, en el estrato C es la que tiene la facturación más baja. En general, la facturación en este estrato es considerablemente más alta que en el estrato E, lo que indica que los consumos de energía son mayores en promedio.

En el análisis del estrato B con medidores electrónicos y tarifa residencial, se puede observar que la parroquia "El Batán" y "Monay" tienen los valores más altos de facturación en comparación con las otras parroquias, mientras que la parroquia "Valle" tiene el valor más bajo. Sin embargo, es interesante notar que la parroquia "San

Sebastián" tiene un valor significativamente más bajo en comparación con las otras parroquias, lo cual puede deberse a factores como la densidad poblacional o el tipo de viviendas en esa área

En general, se puede concluir que los estratos más bajos (E y D) tienen facturas más bajas, mientras que los estratos más altos (A, B y C) tienen facturas más altas. También se puede observar que hay una gran variación en el costo de las facturas entre las diferentes parroquias, incluso dentro del mismo estrato.

Análisis de la facturación en diferentes estratos de consumo eléctrico en la tarifa comercial

De igual manera según el grupo de consumo Comercial, se analiza el desarrollo de facturación de cada parroquia según se indica la tabla 18.

Tabla 18. Distribución de la facturación de estratos de consumo eléctrico en la tarifa comercial.

Estratos	El Batán	Monay	San Sebastián	Totoracocha	Valle
E	\$ 937.55	\$ 232.18	\$ 1,057.95	\$ 680.03	\$ 220.98
D	\$ 526.74	\$ 134.32	\$ 168.39	\$ 503.64	\$ 164.70
C	\$ 347.27	\$ 253.78	\$ 502.49	\$ 507.60	\$ 139.91
B	\$ 982.82	\$ 302.60	\$ 205.69	\$ 675.58	\$ 307.68
A	\$ 3,518.05	\$ 3,111.41	\$ 4,870.42	\$ 6,025.18	\$ 754.52

Fuente: Autor

Al analizar los datos proporcionados sobre la tarifa comercial en cada uno de los estratos y parroquias de la ciudad de Cuenca, podemos observar que los valores varían significativamente según el estrato y la parroquia.

En el estrato E, que corresponde a un intervalo de consumo de 1-60 kWh, se puede observar que las tarifas son bastante bajas en todas las parroquias, oscilando entre \$220,98 y \$1,057.95. La parroquia San Sebastián es la que presenta la tarifa más alta en este estrato, mientras que la parroquia Valle es la que presenta la tarifa más baja.

En el estrato D, que corresponde a un intervalo de consumo de 61-110 kWh, podemos observar que las tarifas son más altas que en el estrato E, pero aun así son relativamente bajas, oscilando entre \$134.32 y \$526.74. La parroquia El Batán presenta la tarifa más alta en este estrato, mientras que la parroquia Monay presenta la tarifa más baja.

En el estrato C, que corresponde a un intervalo de consumo de 111-180 kWh, las tarifas son más altas que en los estratos anteriores, oscilando entre \$139.91 y \$507.60. En este estrato, la parroquia Totoracocha presenta la tarifa más alta, mientras que la parroquia Valle presenta la tarifa más baja.

En el estrato B, que corresponde a un intervalo de consumo de 181-310 kWh, podemos observar que las tarifas son aún más altas que en los estratos anteriores, oscilando entre \$205.69 y \$982.82. La parroquia El Batán presenta la tarifa más alta, de igual forma que en el estrato D, mientras que la parroquia San Sebastián presenta la tarifa más baja.

Finalmente, en el estrato A, que corresponde a un intervalo de consumo de más de 310 kWh, las tarifas son las más altas de todos los estratos, oscilando entre \$754.52 y \$6,025.18. La parroquia Totoracocha presenta la tarifa más alta en este estrato, mientras que la parroquia Valle presenta la tarifa más baja.

En conclusión, podemos observar que las tarifas comerciales en la ciudad de Cuenca varían significativamente según el estrato y la parroquia, siendo más altas en los estratos de consumo más alto y en ciertas parroquias en particular.

Análisis de la facturación en diferentes estratos de consumo eléctrico en la tarifa industrial

La facturación en la tarifa industrial, complementando la información previamente obtenida de cómo se distribuyen los costos de la energía eléctrica, en particular, identificar las parroquias con mayor consumo en este tipo de tarifa. Este análisis permitirá tener una comprensión más clara de cómo se distribuyen los costos de energía eléctrica en la tarifa industrial como se hace referencia mediante la tabla 19.

Tabla 19. Distribución de la facturación de estratos de consumo eléctrico en la tarifa industrial.

Estratos	El Batán	Monay	San Sebastián	Totoracocha	Valle
E	\$ 148.68	\$ 104.73	\$ 41.64	\$ 167.79	\$ 47.88
D	\$ -	\$ 49.87	\$ 53.79	\$ -	\$ 105.80
C	\$ 208.40	\$ -	\$ -	\$ 60.14	\$ -
B	\$ 137.25	\$ 566.68	\$ 136.62	\$ 204.43	\$ 79.35
A	\$ 1,713.59	\$ 2,014.51	\$ 259.89	\$ 214.74	\$ 1,008.76

Fuente: Autor

Al observar los datos de la tarifa industrial de cada estrato y parroquia, se pueden destacar los siguientes patrones.

En el estrato E, las tarifas son relativamente bajas en todas las parroquias, pero la parroquia Totoracocha tiene una tarifa significativamente más alta que las demás.

En el estrato D, las tarifas son más variadas, con algunas parroquias teniendo tarifas bajas o nulas (El Batán y Totoracocha), mientras que otras tienen tarifas más altas (Monay y Valle).

En el estrato C, la parroquia El Batán tiene la tarifa más alta, mientras que las otras parroquias tienen tarifas nulas o bajas.

En el estrato B, las tarifas son más variadas, con Monay y Totoracocha teniendo tarifas más altas y El Batán y Valle teniendo tarifas más bajas.

En el estrato A, la parroquia Monay tiene la tarifa más alta, mientras que las otras parroquias tienen tarifas más bajas.

Estos patrones sugieren que puede haber diferentes factores que influyen en las tarifas industriales en cada parroquia y estrato. Por ejemplo, en la parroquia Totoracocha en el estrato E, puede haber más industrias que consumen grandes cantidades de energía, lo que podría explicar la tarifa más alta en comparación con las otras parroquias del mismo estrato. En el estrato D, es posible que las tarifas nulas o bajas en El Batán y Totoracocha se deban a que hay menos industrias que consumen energía en esas áreas. En la parroquia El Batán en el estrato C, puede existir mayor consumo energético de las industrias, lo que lleva a una tarifa más alta.

3.13. Análisis de la facturación total.

Para tener un análisis más significativo de todas las variables, un análisis detallado a la facturación total de cada una de las parroquias como se indica en la figura 17, con el objetivo de comprender mejor cómo se distribuyen los costos de energía eléctrica en las diferentes zonas geográficas.

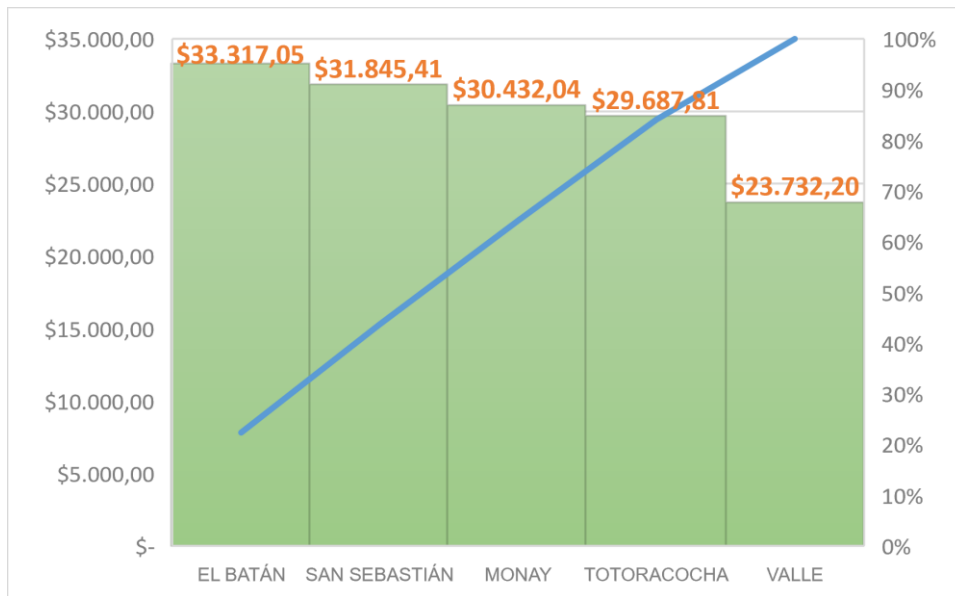


Fig. 17. Distribución de la facturación total de cada parroquia.

Fuente: Autor

La figura 17 indica que la parroquia El Batán es la que más ha contribuido a los ingresos totales, con un monto de \$33,317.05. En segundo lugar, se encuentra la parroquia San Sebastián con un total de \$31,845.41, seguida de la parroquia Monay con \$30,432.04.

Por otro lado, las parroquias Totoracocha y Valle han tenido un menor aporte a los ingresos totales, con montos de \$29,687.81 y \$23,732.20 respectivamente.

Finalmente, en una inferencia lógica y coherente a partir de los datos proporcionados. Los estratos más altos (B, C y A) en las parroquias El Batán y San Sebastián, que son consideradas zonas más remuneradas socialmente, tienen las tarifas residenciales y comerciales más altas, lo que indica un mayor consumo de energía eléctrica. Además, la tarifa industrial también es más alta en El Batán, lo que sugiere que hay una presencia significativa de empresas y comercios en esta zona. Por lo tanto, estas parroquias contribuyen más a los ingresos generales de la empresa de energía eléctrica.

Por otro lado, las parroquias con estratos más bajos, como Monay, Totoracocha y la parroquia rural el Valle, tienen tarifas más bajas, lo que indica un menor consumo de energía eléctrica y una menor presencia de empresas y comercios.

CAPÍTULO 4

4.1. Metodología lógica difusa.

La metodología utilizada se enfoca en la implementación de métodos de analítica y minería de datos, así como en la utilización de algoritmos de lógica borrosa para la selección de sistemas de medición en una empresa distribuidora y comercializadora de energía eléctrica. Esta metodología proporciona una herramienta efectiva para la elección de decisiones de la expansión tecnológica de los sistemas de medición, considerando las variables involucradas mencionadas en el capítulo 2.

El análisis de los métodos de expansión tecnológica, tiene como finalidad conocer las tendencias actuales en el mercado y las limitaciones que enfrentan las empresas distribuidoras de energía eléctrica al momento de elegir el sistema de medición adecuado. Que, a partir de esta planificación tecnológica, determina los tipos de sistemas de medición que pueden ser considerados para una reforma a mediano o largo plazo.

La aplicación del algoritmo de lógica difusa valida el uso de las variables en la planificación de la ampliación tecnológica de los sistemas de medición. Esta metodología permite evaluar la influencia de distintas variables para establecer decisiones llegando a la obtención de resultados más precisos y eficientes.

El software de Matlab aplica un algoritmo de lógica difusa mediante el uso de las variables significativas. La elección de este software se debe a su capacidad para implementar algoritmos de lógica difusa y procesamiento de datos complejos, lo que lo hace una herramienta sostenible para el análisis de sistemas de medición eléctrica, en particular, utilizando el complemento de Fuzzy Logic Toolbox. Este complemento proporciona herramientas y funciones para el correcto diseño, simulación y análisis de sistemas de control basados en lógica difusa (véase anexo 3)

4.2. Desarrollo del modelo de lógica difusa.

Parámetros de entrada para el modelo de lógica difusa

Las variables de entrada son definidas a través de la facturación en dólares y el consumo en Kwh. La facturación se divide en tres funciones de membresía "Bajo", "Mediano" y "Alto", con un rango de 0 a 500 dólares.

El consumo se divide igualmente en tres funciones de membresía "Menor", "Medianos" y "Mayores", con un rango de 0 a 400 KWh. Permiten identificar patrones

de consumo y facturación que pueden ser utilizados para tomar decisiones informadas, como lo indica en la tabla 20.

Tabla 20. Definición de parámetros de entrada.

Parámetros de entrada	Función de pertenencia	Rango
Facturación en \$	Bajo, Mediano, Alto	0~500
Densidad energética en Kwh.	Menor, Medianos, Mayores	0~400

Fuente: Autor

Parámetros de salida para el modelo de lógica difusa

La variable de salida utilizada en el algoritmo de lógica difusa es el tipo de medidor. Esta variable se compone de cinco funciones de membresía: (Electrónico, Electrónico con registro de Activa, reactiva y demanda (ARD), Electrónico con registro de ARD y Radio Frecuencia, Electrónico Multitarifa Radio Frecuencia y Medidor Electrónico AMI). El rango de valores y sus funciones de membresía se referencia en la tabla 21.

Tabla 21. Definición de parámetros de salida.

Parámetros de salida	Función de pertenencia	Rango
Salida	-Electrónico	0~0.2
	-Electrónico con ARD	0.2~0.4
	-Electrónico con reg. RF	0.4~0.6
	-Electrónico multitarifa RF	0.6~0.8
	-Electrónico AMI	0.8~1

Fuente: Autor

La elección la variable de salida elegida para este algoritmo de lógica difusa es el tipo de medidor, la cual tiene como objetivo determinar cuál es el medidor ideal para cada usuario de cada parroquia.

4.3. Editor de lógica difusa en MATLAB

Una vez que se tiene acceso al software, se debe abrir el entorno de desarrollo y cargar el complemento de Fuzzy Logic Toolbox desde la barra de herramientas, escribiendo en la ventana de comandos la palabra "Fuzzy" se nos abrirá el panel del complemento.

Una vez cargado el complemento, se pueden definir los parámetros de entrada y salida, establecer las funciones de membresía y crear reglas de inferencia para el algoritmo de lógica difusa.

Ventana del editor de lógica difusa.

La ventana del editor de lógica difusa por defecto aparece como se indica en la figura 18.

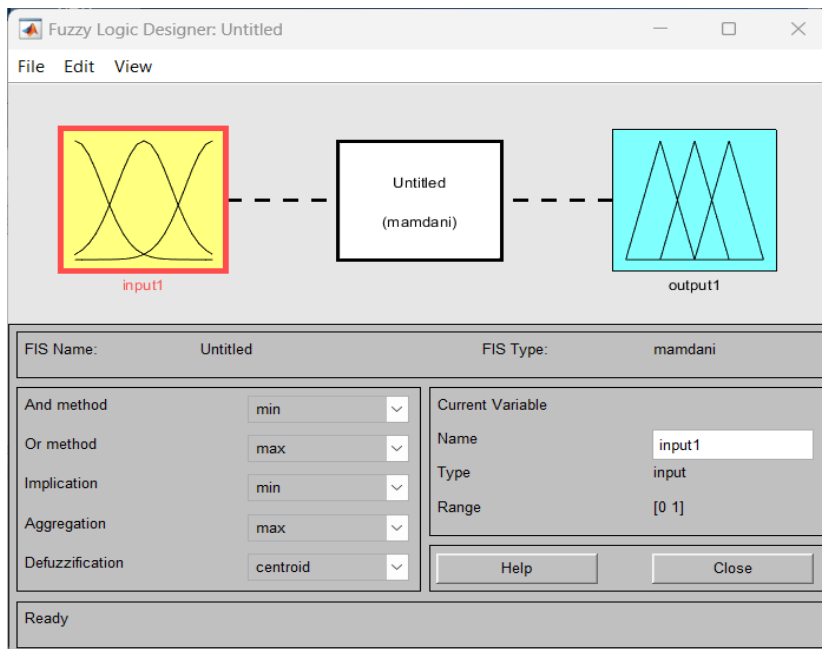


Fig. 18. Ventana del editor "Fuzzy Logic" Matlab

Fuente: Software Matlab

Después de abrir el programa de Matlab y cargar el complemento de Fuzzy Logic, se definieron dos variables de entrada: Facturación en \$ y Consumo en KWh, junto con sus correspondientes funciones de membresía y rangos mencionados anteriormente. También se definió la variable de salida: Tipo de medidor, con sus funciones de membresía y rangos de valores.

4.4. Parametrización en el editor de lógica difusa en MATLAB

Es fundamental definir parámetros de entrada y salida adecuadas para que el diseño pueda producir resultados precisos y útiles. En este contexto, el complemento de Fuzzy Tools en Matlab es una herramienta valiosa que permite definir estas variables y sus funciones de membresía de una manera intuitiva y eficiente la definición de las entradas y salidas necesarias para la implementación de un modelo de lógica borrosa

en la determinación del tipo de medidor ideal para cada parroquia como indica la figura 19.

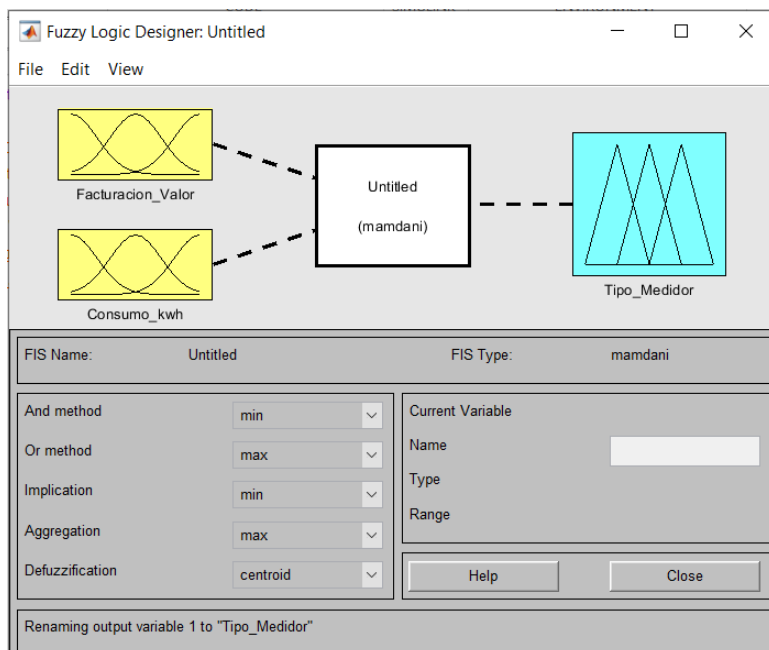


Fig. 19. Parametrización de variables de entrada y salida del editor de lógica difusa.

Fuente: Software Matlab

4.5 Definición de las funciones de membresía etapa inicial

Para poder realizar la parametrización mediante lógica borrosa, se define las funciones de pertenencia para cada una de los parámetros de entrada y de la variable de salida.

Definición de la variable de entrada Facturación en \$.

Para la variable de entrada "Facturación en \$", define las siguientes funciones de pertenencia indicada en la tabla 22.

Tabla 22. Definición de parámetros de entrada "Facturación".

Función de membresía		Grados de pertenencia
Bajo	Triangular	Valor Mínimo: 0 Valor Máximo: 125 Valor Pico: 250
Mediano	Triangular	Valor Mínimo: 0 Valor Máximo: 375 Valor Pico: 250
Alto	Triangular	Valor Mínimo: 250

	Valor Máximo: 500
	Valor Pico: 500

Fuente: Autor

Las funciones de membresía triangulares tienen un comportamiento más abrupto en la transición de un valor a otro asegurando el máximo solapamiento entre ellas para obtener un gráfico de superficie de salida uniforme y suave como se indica en la figura 20. Estas funciones se caracterizan por tener una forma de triángulo, donde el valor más bajo de pertenencia está en el valor mínimo del rango, el valor más alto de pertenencia está en el valor máximo del rango, y el valor de pertenencia máximo se encuentra en el valor medio del rango.

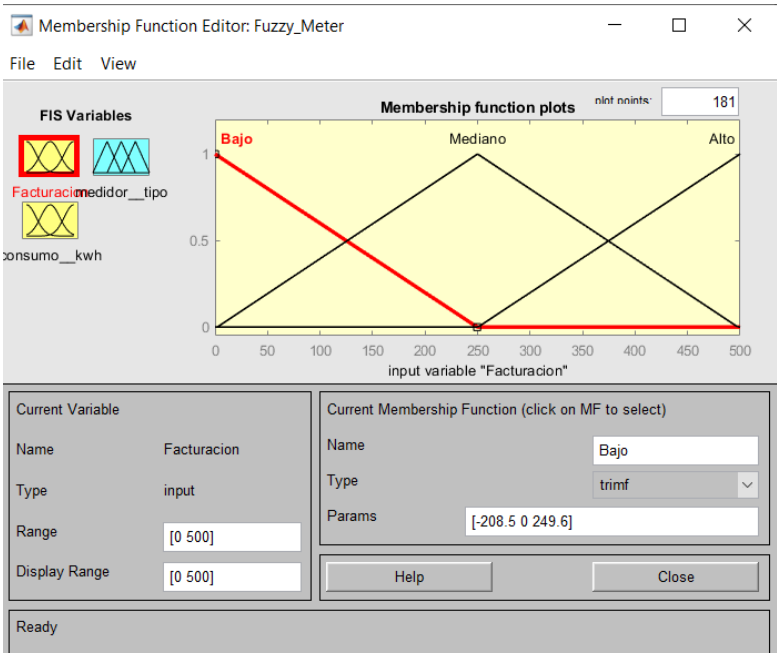


Fig. 20. Parametrización de variables de entrada "Facturación en \$".

Fuente: Software Matlab

Definición de la variable de entrada Consumo en Kwh.

Para la variable de entrada "Consumo en KWh", Se define las siguientes funciones de pertenencia como se hace referencia en la tabla 23.

Tabla 23. Definición de parámetros de entrada "Consumo en kWh".

Función de membresía		Grados de pertenencia
Menor	Triangular	Valor Mínimo: 0 Valor Máximo: 100 Valor Pico: 50
Mediano	Triangular	Valor Mínimo: 50 Valor Máximo: 200 Valor Pico: 125
Mayores	Triangular	Valor Mínimo: 150 Valor Máximo: 400 Valor Pico: 275

Fuente: Autor

De igual manera se utiliza las funciones de membresía triangulares que son útiles en situaciones en las que se necesitan relaciones simples entre las entradas y las salidas como se ilustra en la figura 21.

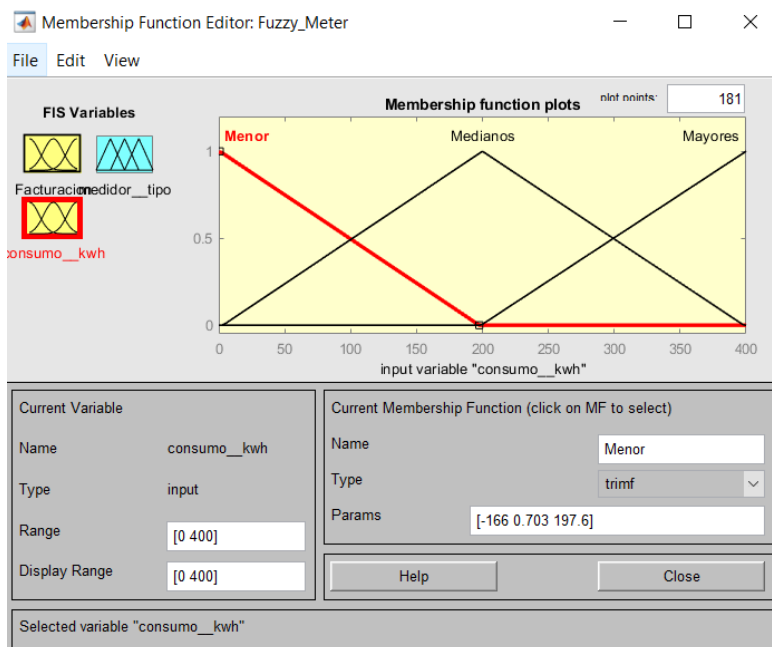


Fig. 21. Parametrización de variables de entrada "Consumo Kwh".

Fuente: Software Matlab

Definición de la variable de salida Tipo de medidor.

Se definen las siguientes funciones de pertenencia según indica la tabla 24.

Tabla 24. Definición de parámetros de salida “Tipo de Medidor”.

Función de membresía	Grados de pertenencia
-Electrónico Triangular	Valor Mínimo: 0 Valor Máximo: 0.1 Valor Pico: 0.05
-Electrónico con ARD Triangular	Valor Mínimo: 0.1 Valor Máximo: 0.3 Valor Pico: 0.2
-Electrónico con reg. RF Triangular	Valor Mínimo: 0.3 Valor Máximo: 0.5 Valor Pico: 0.4
-Electrónico multitarifa RF Triangular	Valor Mínimo: 0.5 Valor Máximo: 0.7 Valor Pico: 0.6
-Electrónico AMI Triangular	Valor Mínimo: 0.7 Valor Máximo: 1 Valor Pico: 0.85

Fuente: Autor

Siguiendo parámetros descritos en la tabla 24, el desarrollo del modelo en el editor de lógica difusa de Matlab, tal como se ilustra en la figura 22.

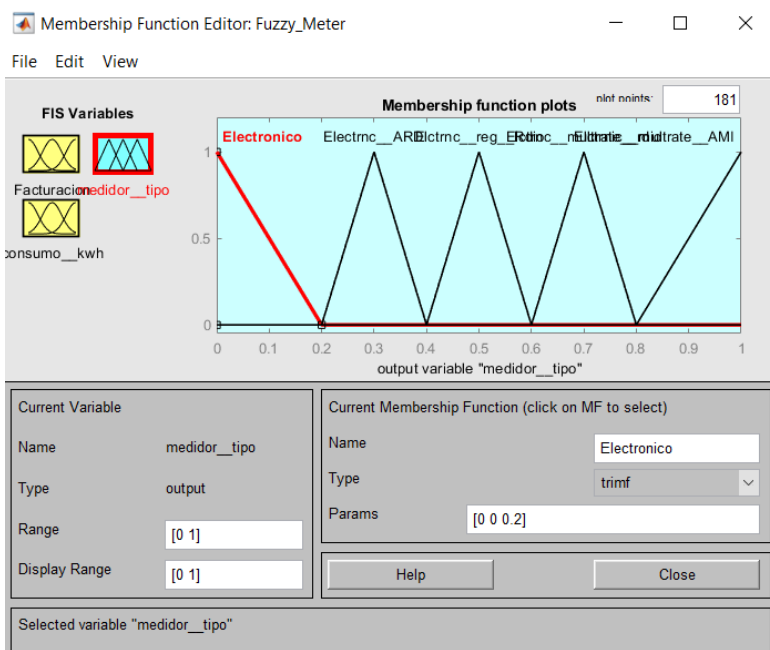


Fig. 22. Parametrización de variables de salida “Tipo de Medidor”.

Fuente: Software Matlab

4.6 Aplicación de reglas de difusas al modelo

Para aplicar el algoritmo de lógica difusa, una vez definidos los conjuntos difusos (o conjuntos borrosos) un vector mapea los valores de entrada (en este caso, llamado vector 't') a grados de pertenencia (entre 0 y 1) que representen la incertidumbre o vaguedad en los valores de entrada, estos vectores son creados en el entorno de Matlab como una matriz de 5000x1 (véase anexo 3)

El vector 't', correspondido en intervalos desde 1.0000e-3 hasta 5, utilizado para representar la facturación en dólares y el valor del consumo en Kwh de los 5000 usuarios. Al tener este rango de valores, permite a la aplicación de lógica difusa determinar la relación entre la facturación y otras variables de interés, como el tipo de medidor o el consumo de energía eléctrica lo que facilita modelar esta relación de manera más flexible y precisa, ya que permite manejar grados de pertenencia de las variables en lugar de simplemente valores binarios.

Con estas funciones de pertenencia, y de membresía definidas, se establece las reglas difusas para la inferencia y la defusificación mediante el cual se obtiene un valor discreto para la variable de salida.

Determinadas las variables de entrada y salida, así como sus respectivas funciones de pertenencia, se asigna reglas al algoritmo de lógica difusa para que este

pueda tomar decisiones acertadas a partir de los datos de entrada. Estas reglas definen la relación entre los parámetros.

Las reglas difusas establecen cuál es el tipo de medidor más adecuado para cada parroquia, en función de los valores de facturación por unidad de consumo eléctrico en dólares y del consumo de energía eléctrica en Kwh.

El número de reglas se determina como

$$\begin{aligned}
 \text{numero de reglas} &= n\mu_A * n\mu_B && (3) \\
 &= \text{número de reglas} \\
 &= \text{número de miembros funciones de entrada} \\
 &\quad * \text{número de miembros funciones de los segundos entrada} \\
 \text{numero de reglas} &= 3 * 3 = 9
 \end{aligned}$$

Como el número de reglas son nueve se define una matriz de correlación de los conjuntos difusos como se referencia en la tabla 25.

Tabla 25. Definición de reglas del sistema difuso.

Consumo Kwh	Menor	Mediano	Mayores
Facturación \$			
Bajo	Electrónico	Electrónico con ARD	Electrónico con reg. RF
Mediano	Electrónico con ARD	Electrónico con reg. RF	Electrónico multitarifa RF
Alto	Electrónico con reg. RF	Electrónico AMI	Electrónico AMI

Fuente: Autor

Se puede implementar el algoritmo en el complemento de Fuzzy Tools en MATLAB. Esto se realiza siguiendo el proceso indicado en la figura 23, donde se digitaliza las reglas en el complemento para su posterior uso en la aplicación del sistema. De esta manera, se puede utilizar la lógica difusa para realizar la inferencia y determinar el tipo de medidor correspondiente.

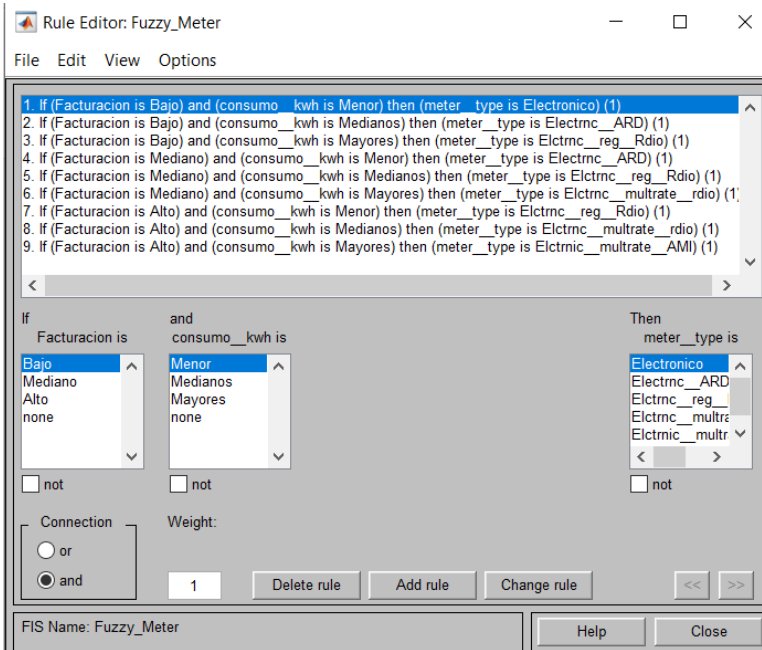


Fig. 23. Parametrización de reglas del sistema difuso.

Fuente: Software MATLAB

Complemento “Rule Viewer”

El complemento de “Rule Viewer” de Fuzzy Logic de Matlab es una herramienta útil para visualizar las reglas que se han creado en el modelo de lógica difusa. Esta opción permite ver de manera clara y sencilla las diferentes combinaciones de entradas y las correspondientes salidas que se han definido en las reglas tal como se indica en la figura 24.

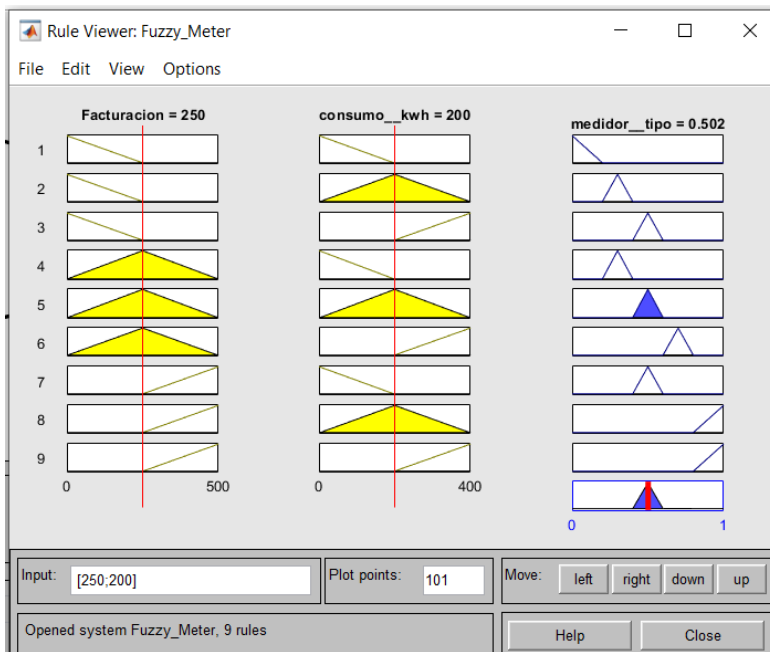


Fig. 24. Complemento "Rule Viewer" aplicado al sistema difuso.

Fuente: Software Matlab

4.7. Proceso de defusificación en el modelo de algoritmo difuso

La defusificación es el proceso mediante el cual se convierte la salida borrosa del sistema de lógica difusa en un valor numérico concreto y útil. Existen varios métodos de defusificación, entre ellos el método del centroide, que es uno de los más utilizados.

En este método, se calcula el centroide mediante la función de pertenencia resultante de la inferencia difusa y se toma como valor de salida del sistema. En este contexto, el método del centroide es manejado para la defusificación del algoritmo.

Método de defusificación Centroide

En el método del centroide, se calcula el centroide de la función de membresía del parámetro de salida. El centroide se define como la adición de los productos de las funciones de membresía y sus correspondientes valores de pertenencia, dividido por la cantidad total de los valores de funciones de pertenencia.

Método de defusificación Centroide en MATLAB.

En la Fuzzy Toolbox de Matlab, el proceso de defusificación mediante el método del centroide recibe como argumento un conjunto borroso de salida y devuelve el valor del centroide correspondiente.

Para realizar la defusificación, el complemento de Toolbox utiliza el algoritmo del centroide de área ponderada, que es una medida ponderada de la media de los valores de los grados de pertenencia en el conjunto borroso del parámetro de salida. Es decir, calcula el centroide de la superficie de salida ponderando el grado de pertenencia en cada punto con su respectivo valor en la superficie con ello se obtiene una gráfica 2D sobre la relación del consumo en Kwh con el tipo de medidor referenciado en la figura 25.

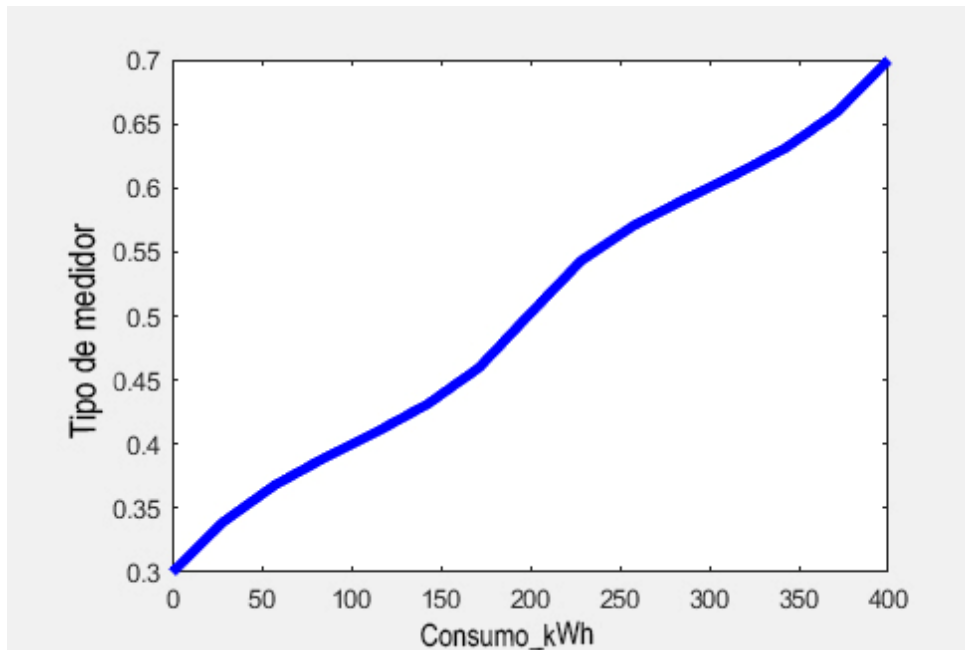


Fig. 25. Gráfico 2D de relación entre el consumo y el tipo de medidor del modelo de lógica difusa.

Fuente: Software Matlab

En la figura 25, se puede observar una tendencia creciente, que indica que a medida que aumenta el consumo en KWh, el tipo de medidor necesario también aumenta en su grado de pertenencia. Es decir, para consumos más altos, se requiere un tipo de medidor con mayor capacidad y funcionalidades adicionales, y esto se refleja en la gráfica a través de la superficie en aumento.

De la misma manera se obtiene la relación del tipo de medidor sobre la facturación en dólares, como indica la figura 26 el cual se basa en la ponderación de los grados de pertenencia de la superficie de salida para calcular el centroide correspondiente.

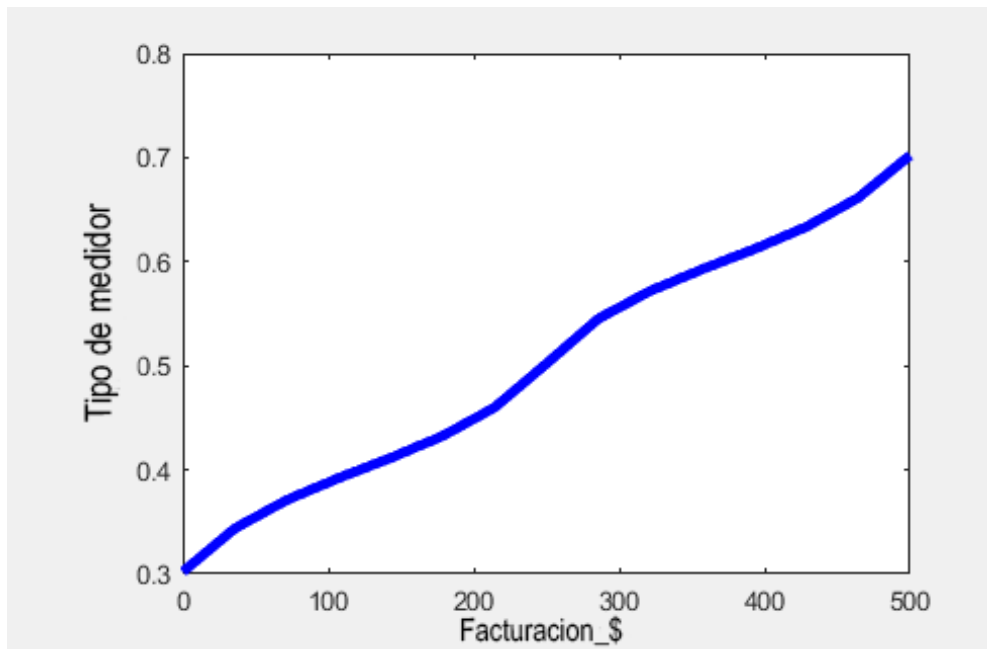


Fig. 26. Gráfico 2D de relación entre el consumo y el tipo de medidor del modelo de lógica difusa.

Fuente: Software Matlab

En la gráfica 26, se observa un creciente de curva, que a medida que aumenta la facturación en \$, el tipo de medidor necesario también aumenta en su grado de pertenencia, cabe mencionar que los datos se correlacionan con los análisis estadísticos realizado en el capítulo 2.

Una vez que se ha calculado el centroide, se utiliza como el valor de salida del sistema difuso. Es importante tener en cuenta que el valor obtenido mediante la defusificación no tiene por qué ser un valor válido en el universo de discurso, ya que es posible que no corresponda a ningún valor lingüístico.

4.8. Modelado en Simulink

Desarrollado ya el algoritmo y con los resultados de la lógica difusa mediante el complemento de Fuzzy Tools, podemos implementarlo en el complemento de bloques Simulink de Matlab. De esta manera, podemos utilizar los bloques pertinentes para el sistema y agregar la base de datos analizada (véase Anexo 3) para que sea analizada valor por valor.

Modelado de bloques en Simulink.

En esta etapa, el desarrollo del modelo de bloques Simulink, su finalidad es el de analizar el sistema de lógica difusa creado para la selección del contador electrónico, basándose en los valores de facturación del cliente y su consumo de energía eléctrica.

Diseñando un diagrama de bloques en Simulink con retroalimentación, como se hace referencia en la figura 27. Se añaden los bloques correspondientes a las variables de entrada de facturación en dólares y consumo en Kwh al diagrama conjuntamente conectado al bloque de lógica difusa.

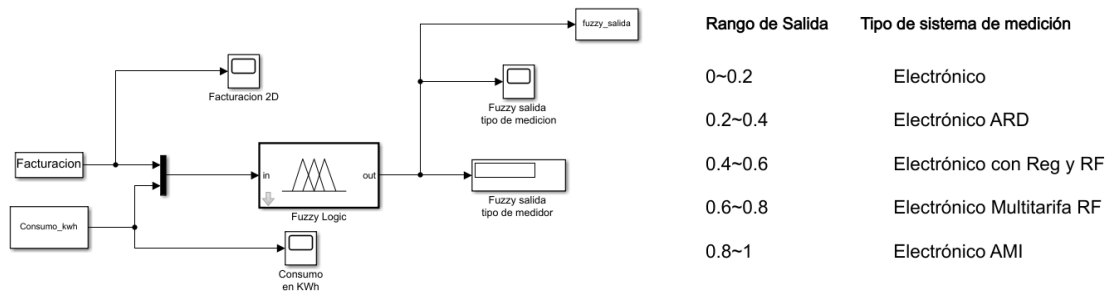


Fig. 27. Diagramas de bloques del modelo de lógica difusa.

Fuente: Software Matlab

Para visualizar los resultados obtenidos del algoritmo de lógica difusa, se conecta un bloque de salida al bloque de display en el diagrama de bloques creado anteriormente en Simulink. Es importante destacar que los resultados obtenidos pueden ser exportados a una matriz, lo que permite realizar un nuevo análisis posteriormente.

Con este diagrama de bloques, se puede realizar una simulación para obtener los resultados de 5000 clientes y analizarlos para tomar decisiones de planificación de expansión de los sistemas de medición. Los resultados obtenidos pueden ser exportados al programa de análisis utilizado para su posterior interpretación.

4.9. Resultados del modelo difuso

Resultados de las variables de entrada según el modelo difuso.

La figura 28 indica las curvas de facturación de la muestra de 5,000 usuarios analizados, para las cinco parroquias. En el eje y se encuentra la variable de entrada de facturación en dólares, con su rango definidos para cada usuario. En el eje de las abscisas se encuentran los valores de pertenencia del tipo de medidor para cada usuario.

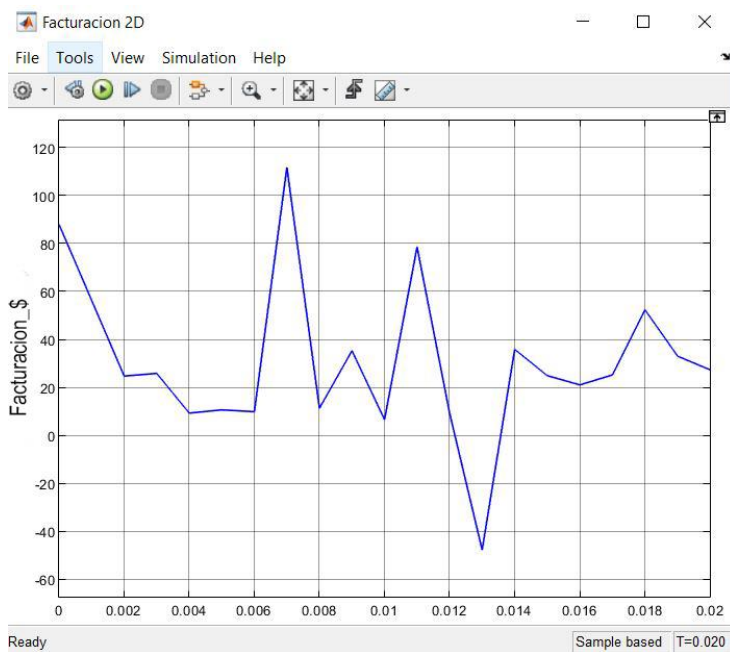
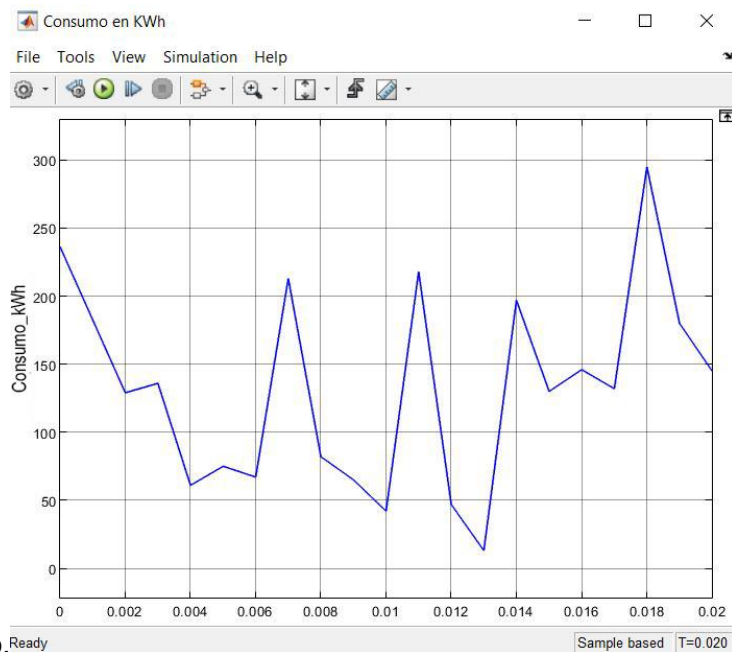


Fig. 28. Diagrama 2D de facturación de lógica difusa.

Fuente: Software Matlab.

La figura 29 indica las curvas de la variable de entrada de consumo en Kwh para los 5,000 usuarios analizados en las cinco parroquias. En el eje y se presenta la densidad de consumo en Kwh de los usuarios, mientras que en el eje x se representan los valores de los grados de pertenencia correspondientes al tipo de medidor utilizado



en cada caso.

Fig. 29. Diagrama 2D de consumo en kWh de lógica difusa.

Fuente: Software Matlab.

Resultados difusos de la selección del tipo de contador eléctrico.

Los resultados obtenidos de la parametrización del modelo, indica que la variable de salida obtiene valores de pertenencia conjuntamente con su rango de pertenencia como se indicado mediante la figura 30.

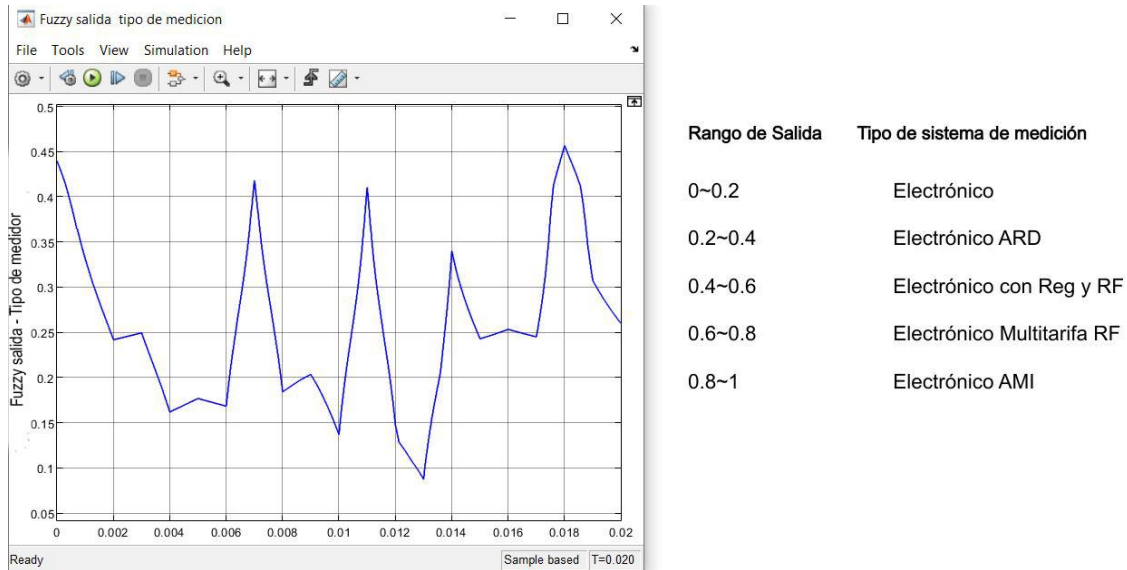


Fig. 30. Diagrama 2D de salida del tipo de medidor de lógica difusa.

Fuente: Software Matlab

La Figura 30, los resultados obtenidos del modelo de lógica difusa indican una disminución considerable al uso de medidores electrónicos del conjunto conglomerado de muestras, con curvas que decaen. Es importante destacar que los medidores electrónicos constituían el 98% de todos los usuarios. Por otro lado, se observa un aumento en el rango de (0.2 a 0.4), que corresponde al medidor electrónico con registro de Activa, Reactiva y demanda (ARD), que permite establecer que este tipo de medidor tienen una muestra significativa para el conjunto de datos. Asimismo, se aprecia una curva suave para los medidores electrónicos con registro y Radio frecuencia, lo que indica que son pocos o inexistentes para los usuarios seleccionados los medidores correspondientes a electrónicos multitarifa de Radio y Frecuencia y medidores electrónicos AMI. En el próximo capítulo se discutirán y analizarán estos resultados en detalle.

Una vez que se han obtenido los resultados de la lógica difusa para los 5,000 usuarios, es posible exportarlos a un archivo de análisis en Excel para llevar a cabo. En este archivo, se puede definir de manera más precisa el tipo de medidor asignado a cada usuario, así como cualquier otra información relevante, también es posible

identificar patrones o tendencias en los datos que puedan ser manejados para el mejoramiento del modelo en futuras aplicaciones.

CAPITULO 5

5.1. Discusión de resultados

Se realiza un análisis de resultados obtenidos de la metodología de lógica difusa utilizada para determinar la planificación tecnológica para los tipos de medidores, determinando la viabilidad económica presentando un análisis de costo-beneficio que determina la rentabilidad de la inversión, proporcionando información valiosa para la elección en la implementación de proyectos de actualización de la tecnología del sistema de medición para el operador del sistema de distribución eléctrico (véase anexo 4), generando ideas de mejora en la calidad del servicio.

5.2. Discusión de resultados actuales

En el análisis de datos que se realizó en el capítulo 2, donde mediante una muestra significativa de 5000 usuarios con diferentes variables significativas tomadas en consideración cuatro parroquias urbanas y una rural, se determinó que el 98% de las parroquias cuentan con medidores electrónicos y solo el 2% utiliza medidores electromecánicos.

El análisis estadístico determino la distribución de medidores electrónicos y electromecánicos en diferentes parroquias de la ciudad con tan solo un 2% como indica la tabla 14.

La muestra significativa de los medidores instalados en estas áreas es del tipo de medidor electrónico, excepto en la parroquia de San Sebastián donde el número de medidores electromecánicos es significativamente mayor que en las otras parroquias. Esto sugiere que puede haber diferencias en la infraestructura eléctrica de San Sebastián en comparación con las otras parroquias, lo que puede influir en la elección del tipo de medidor según indica la figura 31 que corresponde a los medidores electrónicos distribuidos de cada parroquia.

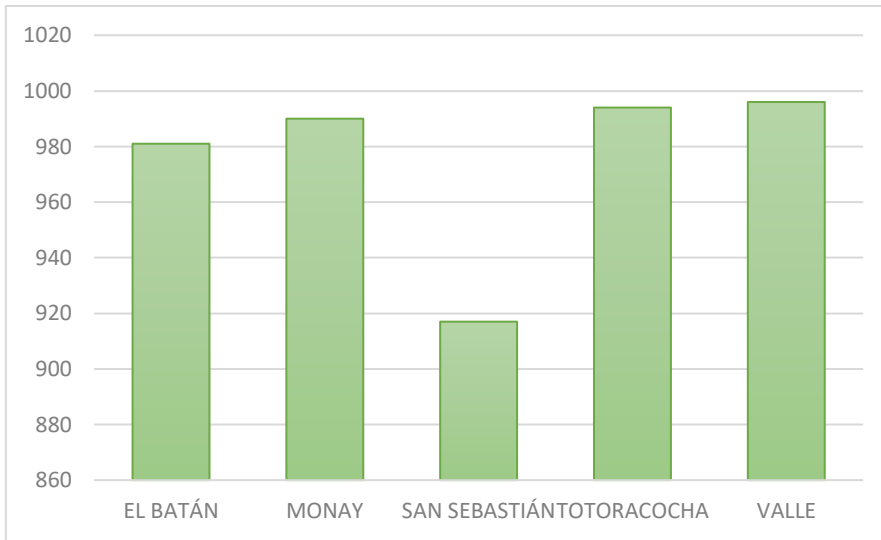


Fig. 31. Distribución de medidores electrónicos en las parroquias.

Fuente: Autor.

En la figura 32 corresponde a un mapa de calor que representa la actualidad de los sistemas de medición en las parroquias.

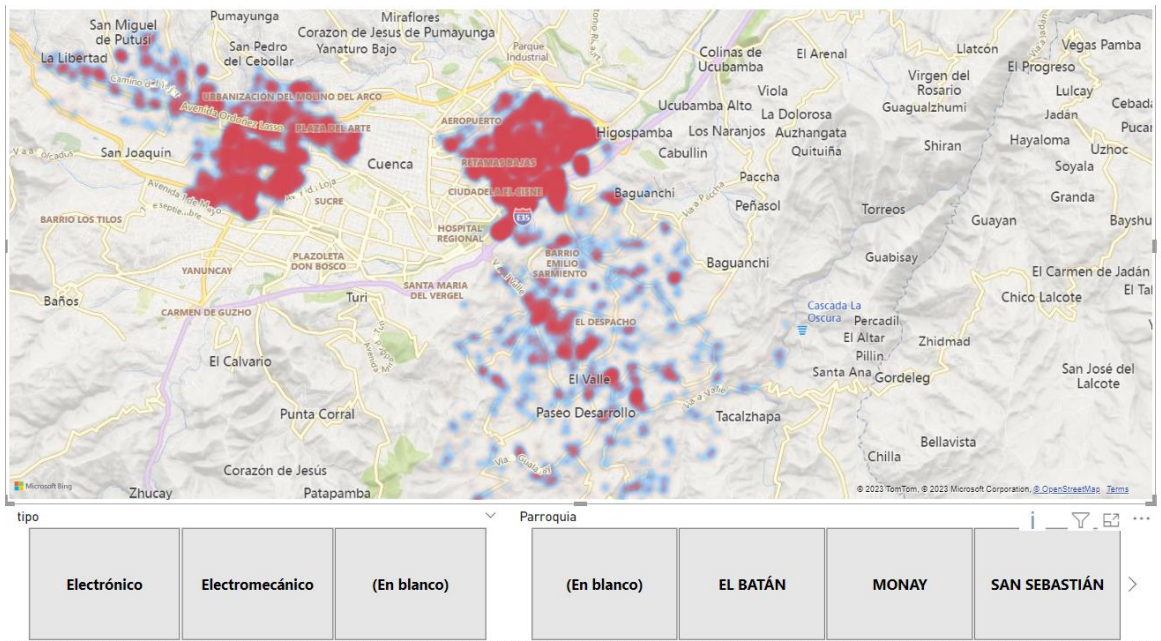


Fig. 32. Mapa de calor de la distribución de medidores electrónicos en las parroquias.

Fuente: Autor.

Se puede verificar que, según los datos numéricos proporcionados, se visualiza patrones y tendencia de datos que se proporcionaron anteriormente si seleccionamos una visualización de solo medidores electromecánicos podemos obtener la siguiente representación de la figura 33.

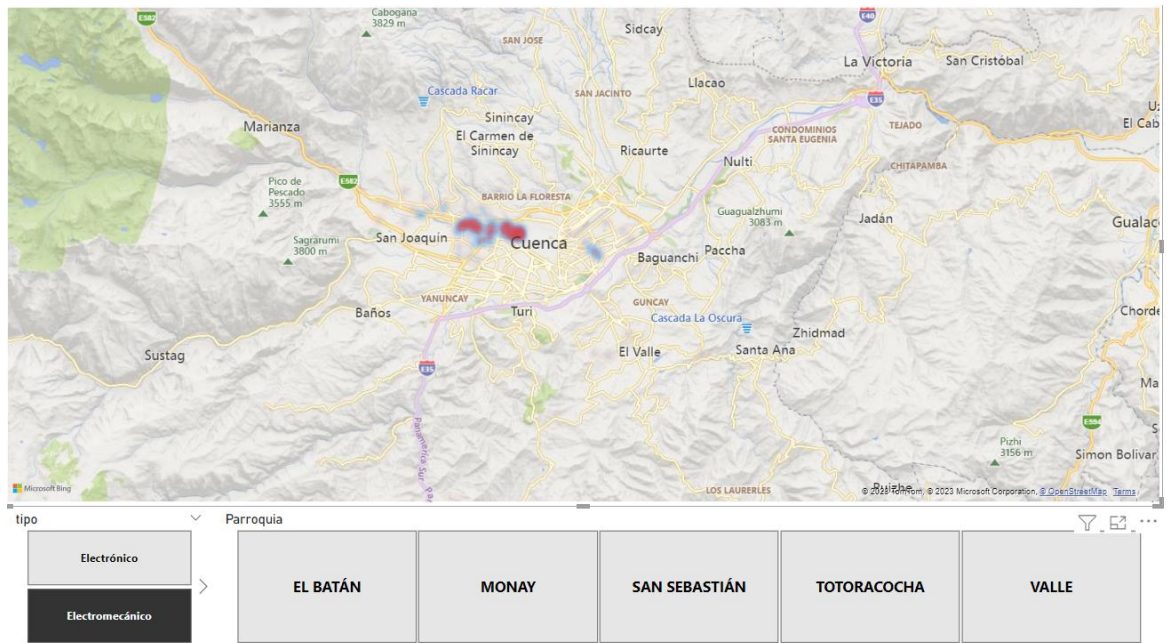


Fig. 33. Mapa de calor de la distribución de medidores electrónicos en las parroquias.

Fuente: Autor

Se demuestra que en la parroquia San Sebastián un patrón de alta concentración de medidores electromecánicos, lo cual se indica que la figura 33. Presenta una pequeña intensidad marcada en el mapa que corresponde precisamente a esta parroquia.

5.3. Discusión de la aplicación de la lógica difusa

Se ha aplicado la metodología de lógica borrosa para analizar los datos obtenidos de los tipos de tecnología de medidores en diferentes parroquias, los datos fueron extraídos del software Matlab en un archivo de tipo “xlsx” donde como mencionamos en capítulo 3. La tabla 26 realiza una nueva distribución de frecuencia que proporciona factores de cómo afectan la implementación de lógica difusa.

Tabla 26. Distribución de medidores con el resultado de lógica difusa en las parroquias.

TIPO DE MEDIDOR	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Electrónico	1575	32%
Electrónico ARD	3010	60%
Electrónico ARD con RF	415	8%
TOTAL	5000	100%

Fuente: Autor

Los resultados indican que el tipo de medidor electrónico con registro de Activa, reactiva y demanda (ARD) como se esperaba es el de mayor frecuencia tal y como se nos indicaba en la figura 30 del capítulo 3, con una frecuencia de 3010 y una frecuencia relativa del 60%.

En segundo lugar, se encuentra el medidor electrónico con una frecuencia de 1575 y una frecuencia relativa del 32%. Por último, se observa que el medidor electrónico con registro de Activa, reactiva y demanda (ARD) con radio frecuencia es el menos común, con una frecuencia de 415 y una frecuencia relativa del 8%, como lo indica la figura 34, cabe destacar que actualmente el 98% son medidores electrónicos, lo que significaría una disminución del 66% en todas las parroquias.

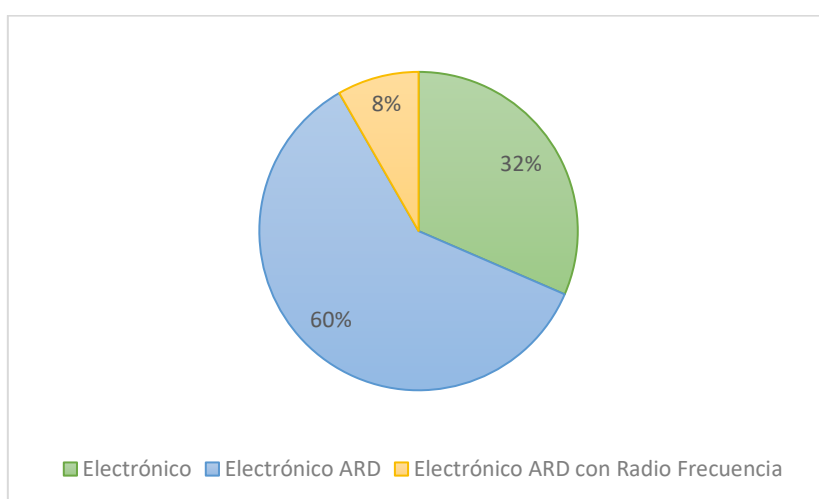


Fig. 34. Distribución de los medidores según la aplicación de lógica difusa.

Fuente: Autor

Los usuarios son aptos para medidores electrónicos (32%). Además, una proporción significativa de usuarios se determinan como medidores electrónicos con ARD (60%) y electrónicos con ARD y Radio Frecuencia (8%). Sin embargo, no se obtuvo resultados para los tipos de medidores Electrónico Multitarifa Radio Frecuencia y medidores AMI que como se menciona en el capítulo 2 del análisis estadístico no existen potenciales clientes de demanda energética de las muestras seleccionadas, de la misma forma un mapa de calor representado en la figura 35 nos ayudará a tener una proyección más clara acerca del estudio.

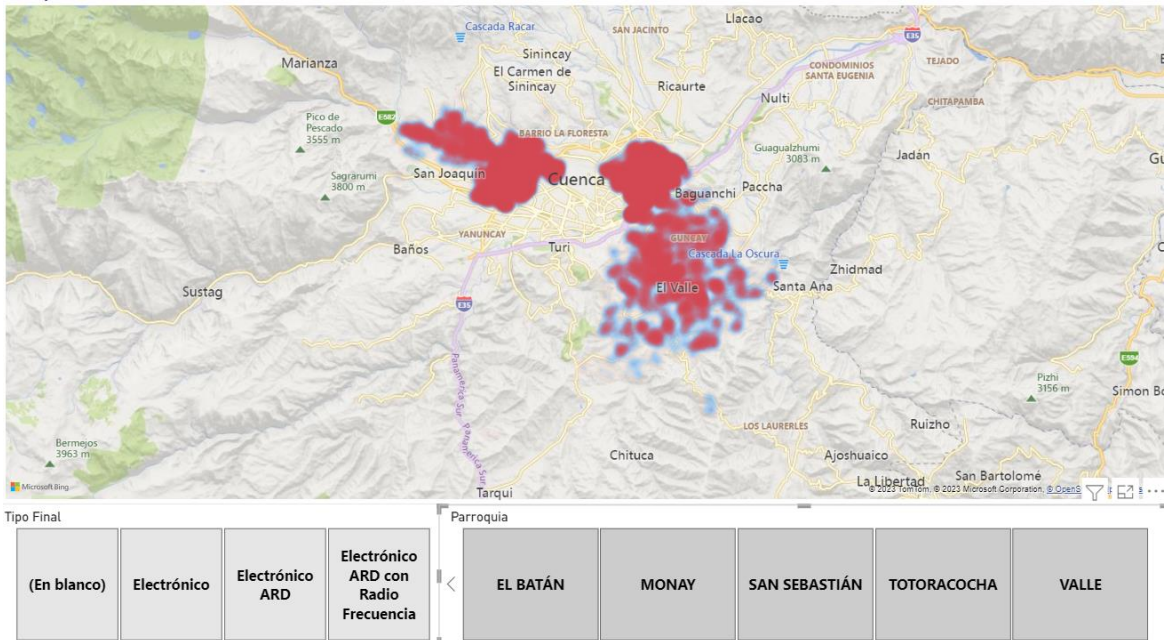


Fig. 35. Mapa de calor de la distribución final de los medidores eléctricos.

Fuente: Autor

5.4. Análisis de distribución de medidores en cada parroquia

El análisis en conjunto de cómo influye cada medidor en cada parroquia. Determina qué el tipo de medidor más apropiado para cada parroquia en función de las características de consumo de energético de sus habitantes que se detalla en la tabla 27 con la distribución en cada parroquia y la tabla 28 que detalla las frecuencias relativas para cada parroquia.

Tabla 27. Distribución de medidores en cada parroquia.

PARROQUIAS	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
El Batán	104	790	106
Monay	544	426	30
San Sebastián	536	449	15
Totoracochoa	391	609	0
Valle	0	736	264
TOTAL	1575	3010	415

Fuente: Autor

Tabla 28. Distribución relativa de medidores en cada parroquia.

PARROQUIAS	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa
------------	---------------------	---------------------	---------------------

El Batán	2%	16%	2%
Monay	11%	9%	1%
San Sebastián	11%	9%	0%
Totoracocha	8%	12%	0%
Valle	0%	15%	5%

Fuente: Autor

La parroquia El Batán, tanto el medidor electrónico como el medidor electrónico ARD tienen una frecuencia similar, mientras que el medidor electrónico ARD con radio frecuencia es menor.

También podemos notar que en las parroquias El Batán, San Sebastián y Totoracocha el medidor electrónico con registro ARD es el más utilizado, mientras que en la parroquia Monay el medidor electrónico es el más común. En la parroquia Valle, el medidor más común es el electrónico con registro ARD con una frecuencia relativa del 61%, se destaca que esta parroquia rural no tiene resultados favorables para la utilización de medidores electrónicos pero también es la más alta con el 5% para la utilización de medidores con registro ARD con RF, cuando en el análisis estadístico del capítulo 2 esta parroquia obtuvo que el 90% de medidores son electrónicos, indicando una proyección de crecimiento notable por encima de las parroquias urbanas como se hace referencia en la figura 36.

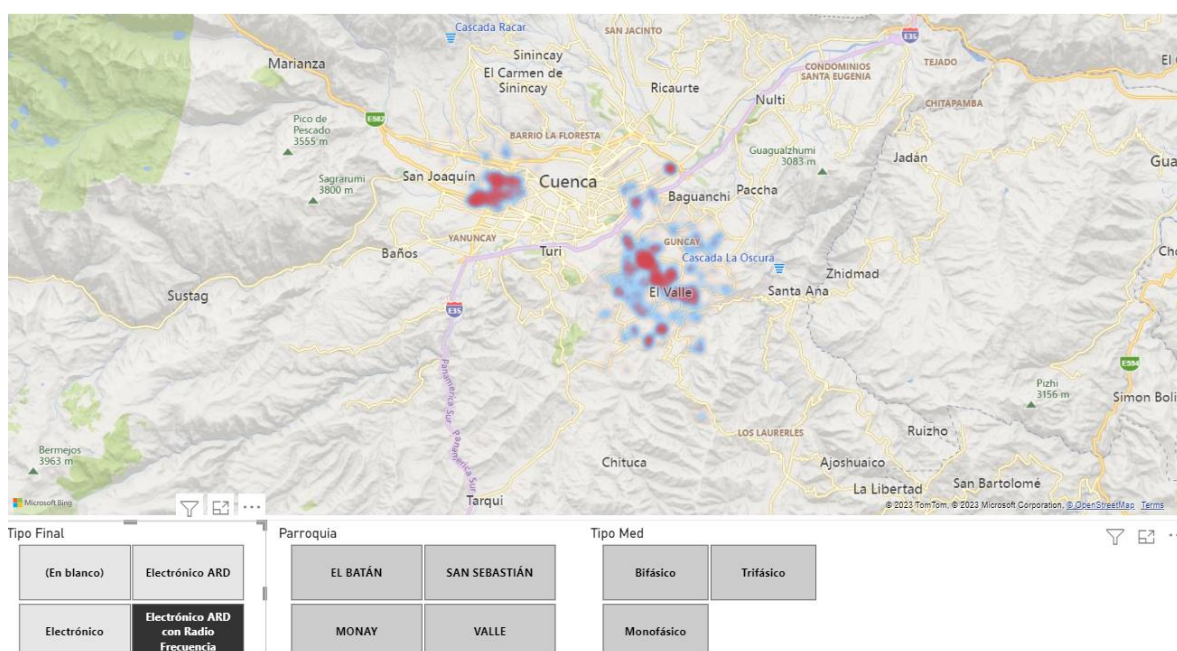


Fig. 36. Mapa de calor de los medidores electrónicos ARD con Radio Frecuencia.

Fuente: Autor

La figura 37 representa un mapa de calor tanto para los medidores electrónicos como electrónicos con registro ARD.

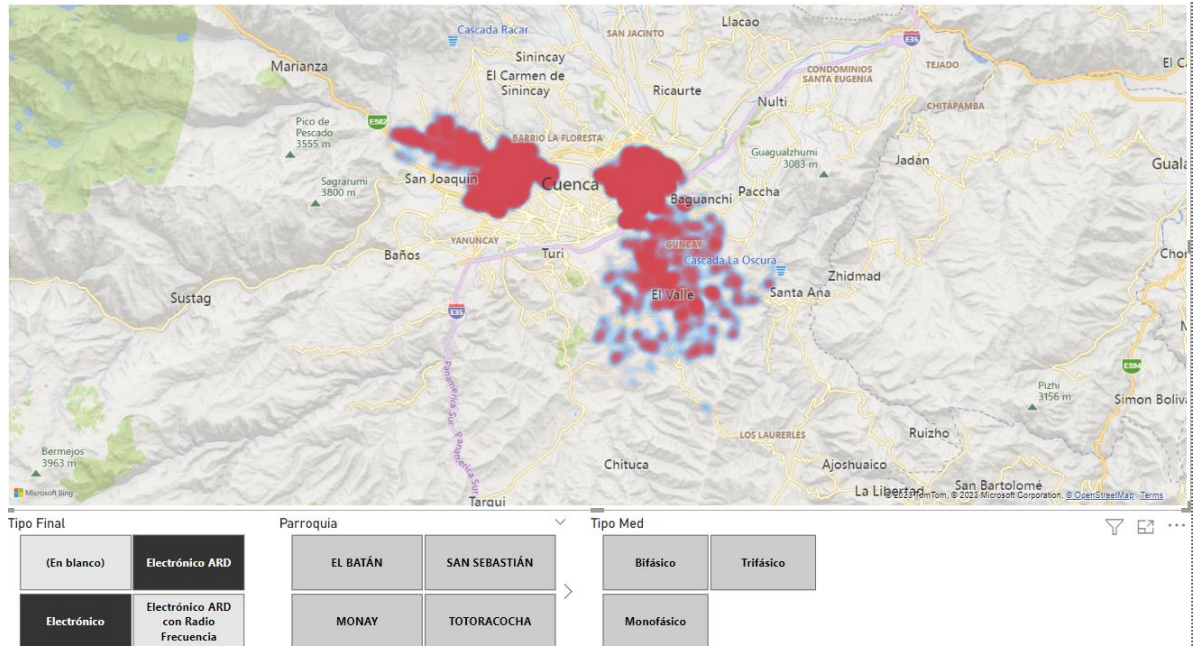


Fig. 37. Mapa de calor de los medidores electrónicos y ARD en cada parroquia.

Fuente: Autor

5.5. Análisis por tipo de consumo.

El análisis por tipo de consumo de la metodología de lógica difusa determina que medidores tienen una frecuencia relativa mayor según el tipo de consumo de cada parroquia, ya sea monofásico, bifásico o trifásico. Se identifica el tipo de medidor más utilizado en cada tipo de consumo y en cada parroquia que se indica en la tabla 29.

Tabla 29. Distribución de medidores según el tipo de consumo eléctrico.

TIPO DE MEDIDOR	Monofásico	Bifásico	Trifásico
Electrónico	88	1345	142
Electrónico ARD	137	2641	232
Electrónico ARD con Radio Frecuencia	20	378	17
TOTAL	245	4364	391
	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa
Electrónico	2%	27%	3%
Electrónico ARD	3%	53%	5%
Electrónico ARD con Radio Frecuencia	0%	8%	0%

TOTAL	5%	87%	8%
--------------	-----------	------------	-----------

Fuente: Autor

El tipo de medidor más utilizado en las parroquias es el Medidor Electrónico con registro ARD para el consumo bifásico, con una frecuencia relativa del 53%, esta tarifa predomina en todas las parroquias, para los medidores electrónicos con registro ARD y del 27% en los medidores electrónicos convencionales.

Por otro lado, la tarifa trifásica tiene una presencia menor, con una frecuencia relativa del 5% en los medidores electrónicos ARD y del 3% en los medidores electrónicos convencionales como se indica en la figura 38.

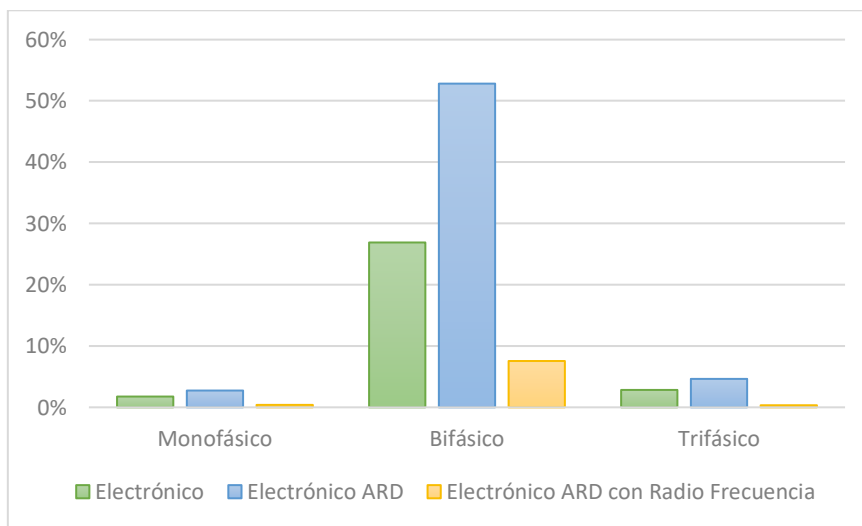


Fig. 38. Distribución por tipo de consumo de los medidores eléctricos.

Fuente: Autor

5.6. Análisis por tipo de consumo en cada parroquia.

El análisis por tipo de consumo eléctrico de las diferentes parroquias, se enfoca especialmente en el tipo de consumo bifásico y trifásico debido a su relevancia en el consumo energético en la figura 39 a través de un mapa de calor la distribución de los sistemas de medición.

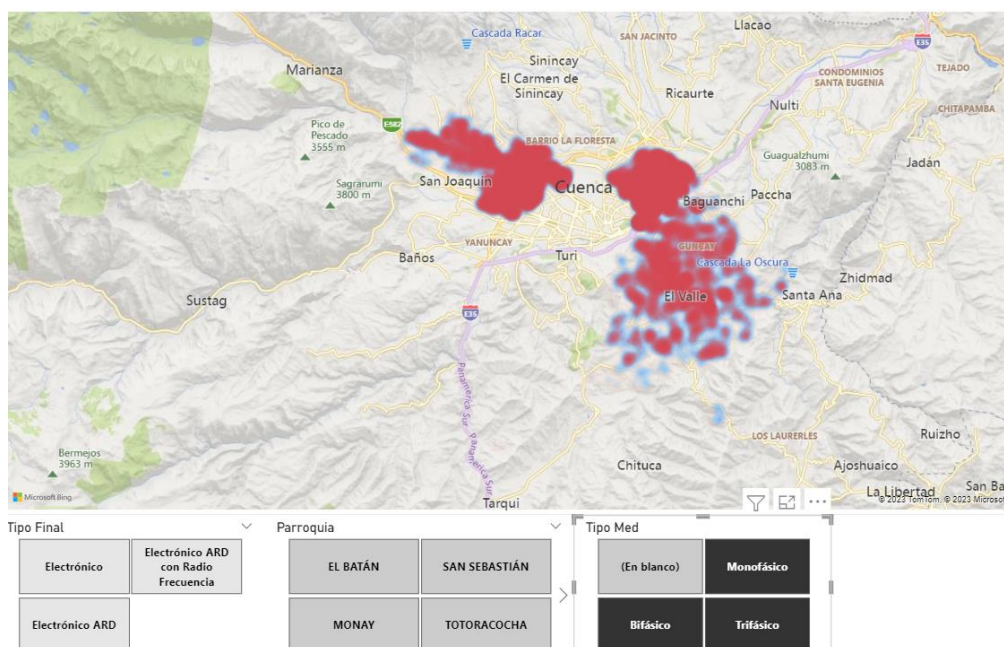


Fig. 39. Mapa de calor de la distribución por tipo de medidor de los medidores eléctricos.

Fuente: Autor

A través de la metodología de lógica difusa, se determina la frecuencia y frecuencia relativa de cada medidor, y su relación con el tipo de consumo, lo que permitirá tomar decisiones más relevantes al estudio, se indica en la tabla 30.

Tabla 30. Distribución de medidores según el tipo de medidor en cada parroquia.

PARROQUIAS	Bifásico			Trifásico		
	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
EL BATÁN	101	706	98	3	66	7
MONAY	501	370	29	27	44	1
SAN SEBASTIÁN	406	343	12	66	69	1
TOTORACOCCHA	337	543	0	46	43	0
VALLE	0	679	239	0	10	8
	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa
EL BATÁN	2%	14%	2%	0%	1%	0%
MONAY	10%	7%	1%	1%	1%	0%
SAN SEBASTIÁN	8%	7%	0%	1%	1%	0%
TOTORACOCCHA	7%	11%	0%	1%	1%	0%
VALLE	0%	14%	5%	0%	0%	0%

Fuente: Autor

Análisis para el tipo de consumo bifásico.

Se puede observar que el tipo de medidor bifásico tienen una relevancia mayor en las parroquias, el medidor electrónico con registro ARD, seguido del medidor electrónico y, finalmente, el medidor electrónico con registro ARD con radio frecuencia como se referencia en la tabla 40.

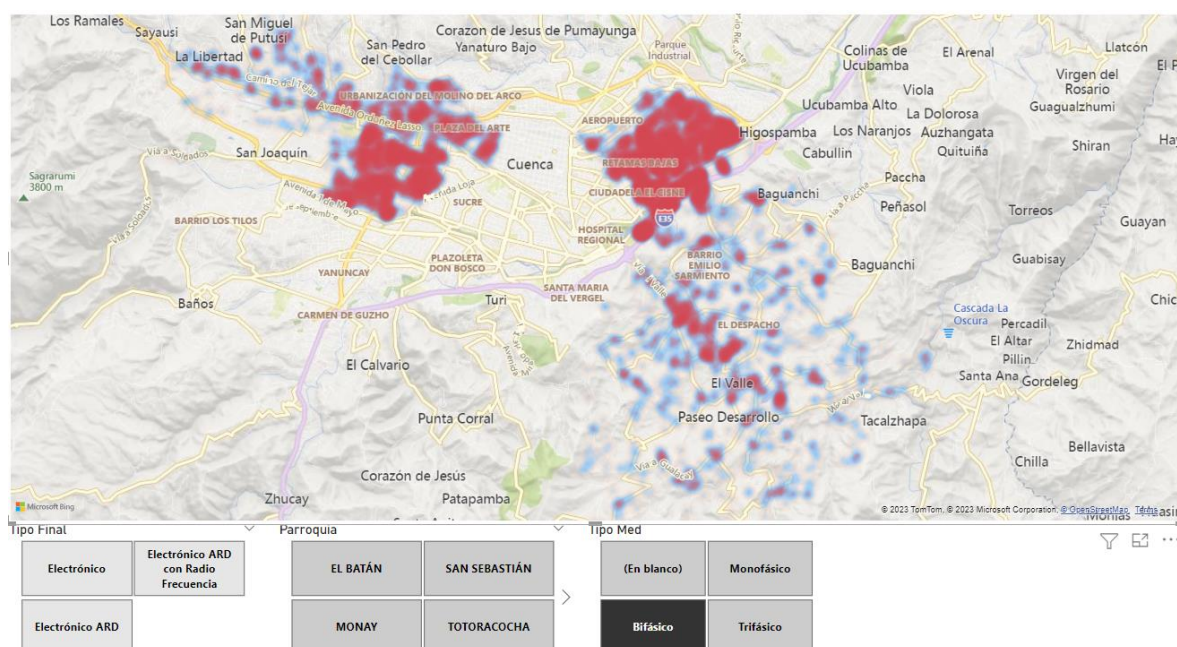


Fig. 40. Mapa de calor del tipo de medidor bifásico de las parroquias.

Fuente: Autor

Es importante destacar que la parroquia Totoracocha presenta la mayor frecuencia relativa en cuanto a medidores bifásicos, con un 12% para el medidor electrónico con registro ARD y un 11% para el medidor electrónico. En contraste, la parroquia San Sebastián presenta la menor frecuencia relativa en ambos medidores, con un 7% para el medidor electrónico con registro ARD y un 8% para el medidor electrónico. Estos datos son relevantes para la planificación y gestión del servicio eléctrico en cada una de estas parroquias.

En general, se puede concluir que el tipo de medidor con registro ARD tiene una mayor frecuencia en la tarifa bifásica en todas las parroquias, lo que sugiere que este tipo de medidor puede ser más adecuado para este tipo de tarifa, como lo indica la figura 41.

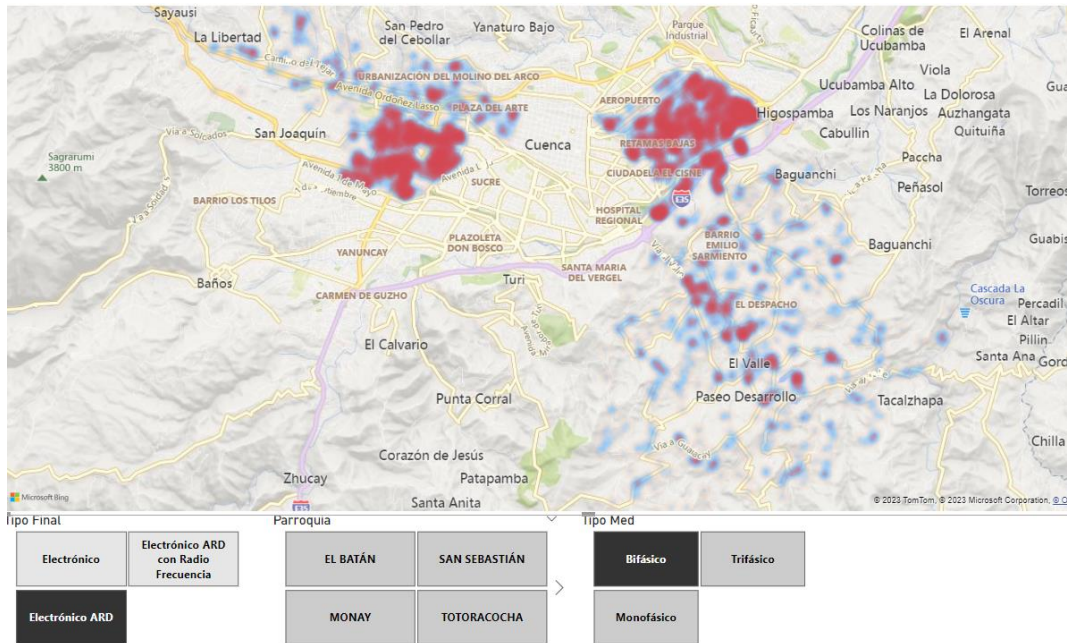


Fig. 41. Mapa de calor del medidor electrónico ARD del tipo de medidor bifásico de cada parroquia.

Fuente: Autor

Análisis para el tipo de consumo trifásico.

Para el tipo de tarifa trifásico presenta una frecuencia menor en comparación con el tipo de tarifa bifásico. Según la figura 42, en todas las parroquias, la frecuencia relativa de los medidores trifásicos es menor al 2%, mientras que, en los medidores bifásicos, la frecuencia relativa es mayor al 7% en todas las parroquias excepto en la Parroquia Valle como lo indica la figura 43.

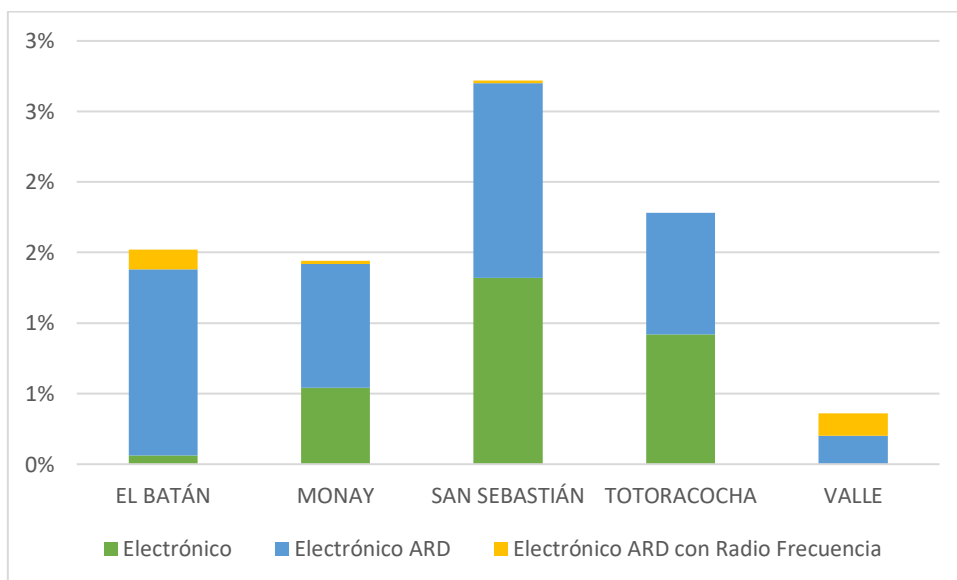


Fig. 42. Distribución de del tipo de medidor trifásico de cada parroquia.

Fuente: Autor

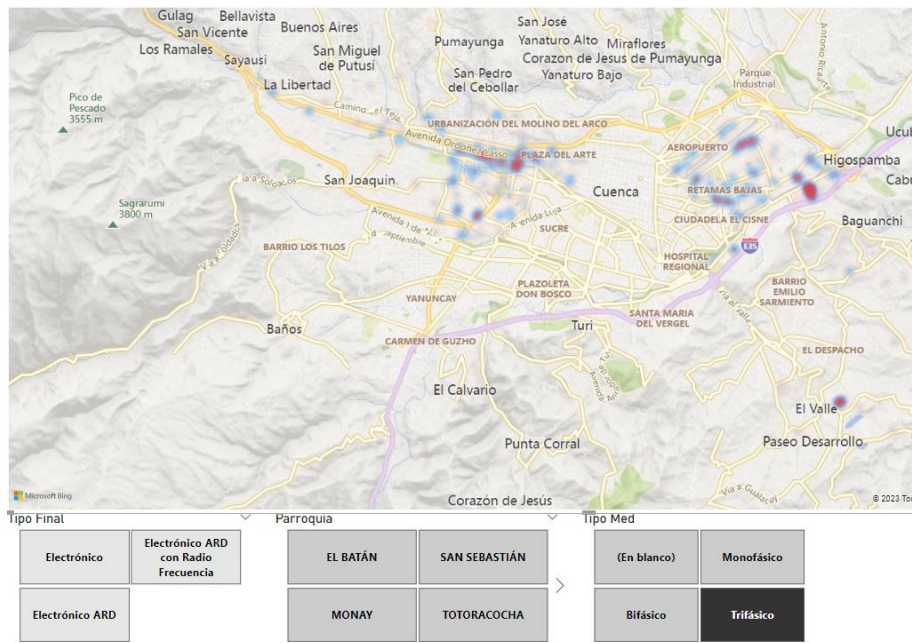


Fig. 43. Mapa de calor del tipo de medidor trifásico de cada parroquia.

Fuente: Autor

También se detecta una proyección significativa de calor para la parroquia San Sebastián que tiene la mayor cantidad de medidores trifásicos en comparación con las otras parroquias, la parroquia Totoracocha tiene la menor cantidad de medidores trifásicos como indica la figura 44.

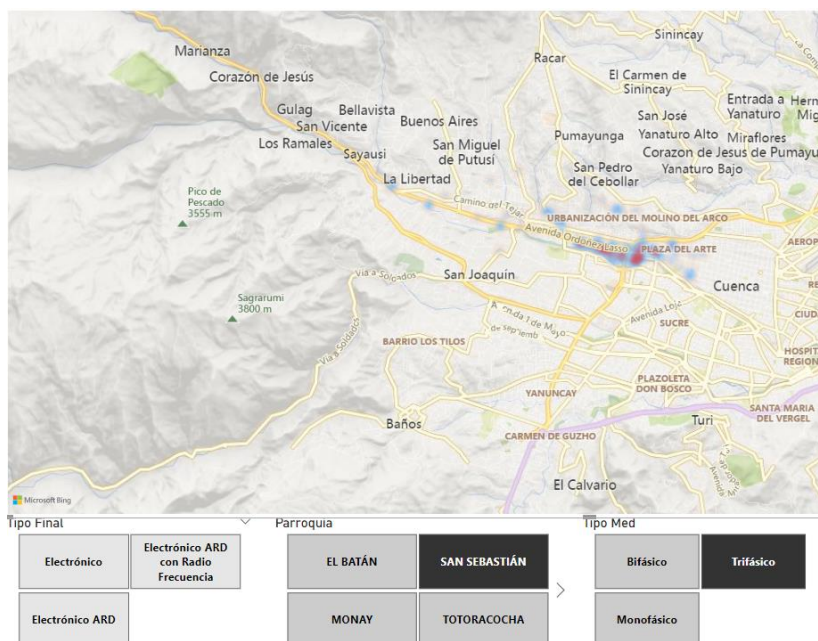


Fig. 44. Mapa de calor de tipo de medidor trifásico de cada la parroquia San Sebastián.

Fuente: Autor

5.7. Análisis por el grupo de consumo

Para la variable del grupo de consumo eléctrico en particular, para los grupos de consumo comercial, residencial e industrial. El análisis permite conocer en qué medida los diferentes grupos de consumo contribuyen al consumo total de energía eléctrica en cada parroquia donde se identifica patrones y tendencias relevantes en el consumo de energía eléctrica según sus zonas geográficas.

La tabla 31 indica la cantidad de medidores, de los resultados de la lógica borrosa.

Tabla 31. Distribución de medidores según el grupo de consumo eléctrico.

	Comercial	Residencial	Industrial
Electrónico	132	1415	23
Electrónico ARD	240	2697	41
Electrónico ARD con RF	22	387	5
TOTAL	394	4499	69

Fuente: Autor

Los datos proporcionados, indican que el grupo de consumo residencial es el que tiene una mayor representatividad en cuanto a la cantidad de medidores instalados en las parroquias, con un 28% para los medidores electrónicos, un 54% para los medidores electrónicos con registro ARD y un 8% para los medidores electrónicos con registro ARD con radio frecuencia como lo indica la figura 45.

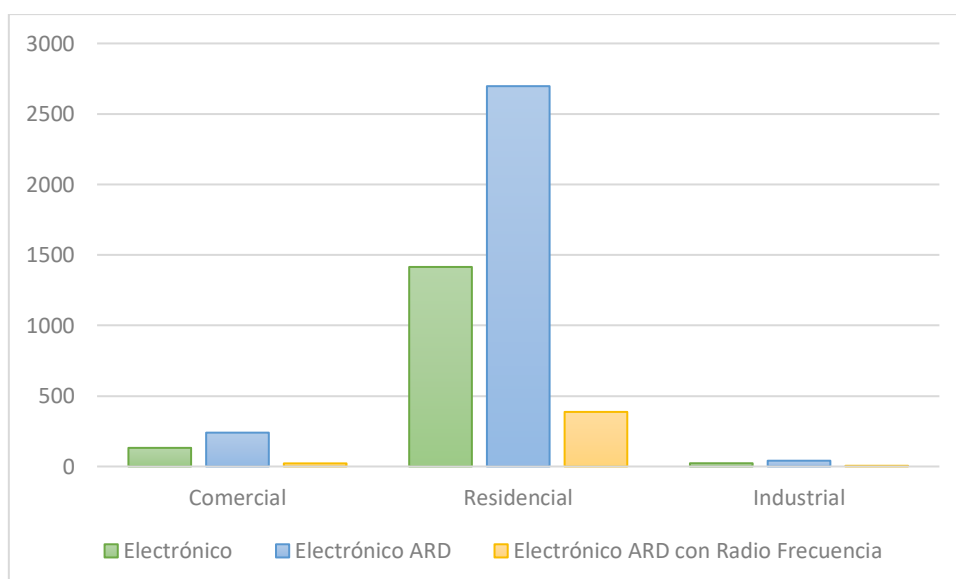


Fig. 45. Distribución de los medidores según el grupo consumo eléctrico.

Fuente: Autor

En cambio, el grupo de consumo comercial tiene una representatividad del 3% para los medidores electrónicos, 5% para los medidores electrónicos con registro ARD y 0% para los medidores electrónicos con registro ARD con radio frecuencia.

Finalmente, el grupo de consumo industrial es el que tiene menor representatividad en la muestra, con un 0% para los medidores electrónicos y electrónicos con registro ARD con radio frecuencia, y un 1% para los medidores electrónicos con registro ARD, la figura 46 representa un mapa de calor con los grupos de consumo residencial, comercial e industrial.

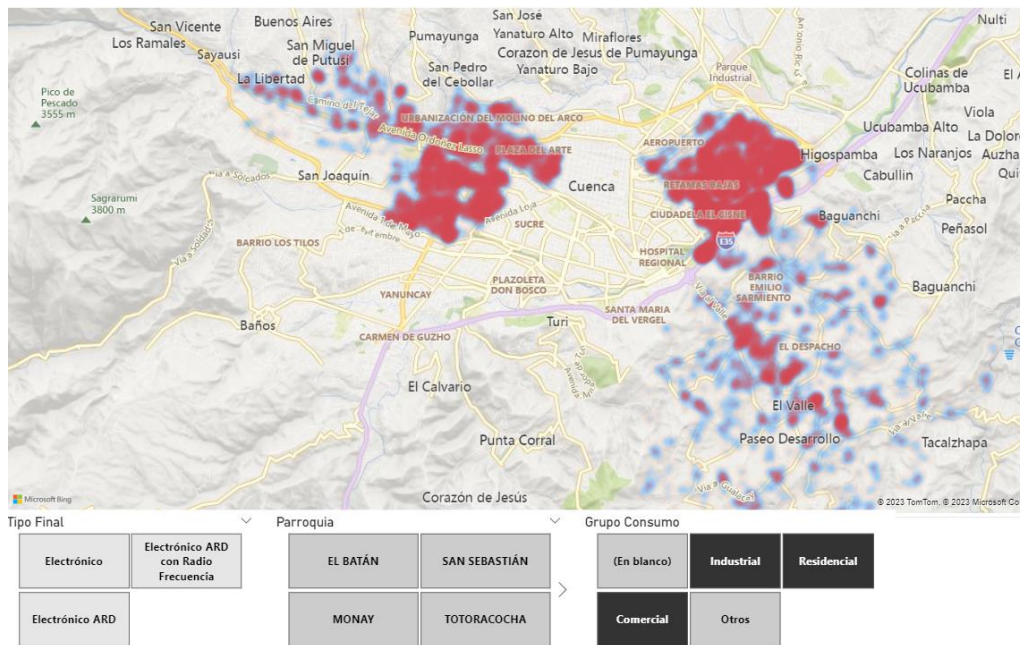


Fig. 46. Mapa de calor de la distribución de los medidores según el grupo de consumo eléctrico.

Fuente: Autor

Análisis de Grupo de consumo comercial por parroquia.

Para el grupo de consumo comercial, determina que el tipo de medidor más común es el Electrónico con registro ARD, representando el 5% del total de medidores para este grupo. En cuanto a la distribución por parroquia, la Parroquia San Sebastián tiene la mayor cantidad de medidores para los tres tipos de medidores, seguida de la Parroquia Totoracochoa como lo indica la tabla 32.

Tabla 32. Distribución de medidores según el grupo de consumo comercial.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
El Batán	10	84	14
Monay	28	17	1
San Sebastián	58	44	2
Totoracocha	36	74	0
Valle	0	21	5
	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa	Frecuencia Relativa
El Batán	0%	2%	0%
Monay	1%	0%	0%
San Sebastián	1%	1%	0%
Totoracocha	1%	1%	0%
Valle	0%	0%	0%

Fuente: Autor

El medidor Electrónico, las Parroquias Monay, San Sebastián y Totoracocha tiene una frecuencia relativa mayor que las demás parroquias, representando el 1% del total de medidores de este tipo para este grupo de consumo como lo indica la figura 47.

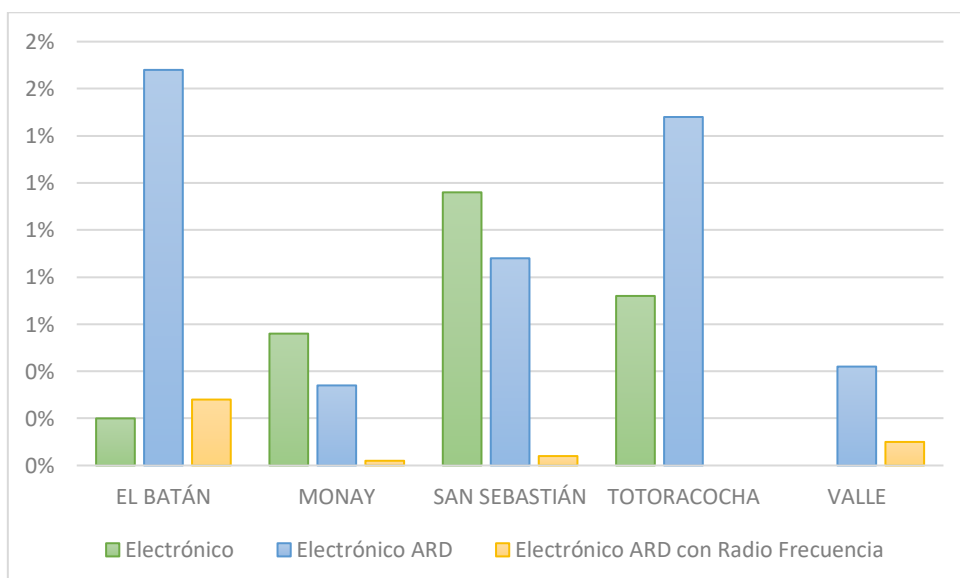


Fig. 47. Distribución de los medidores según el grupo de consumo comercial.

Fuente: Autor

La figura 48 representa al medidor electrónico cómo se distribuye en las parroquias Monay, San Sebastián y Totoracochoa.

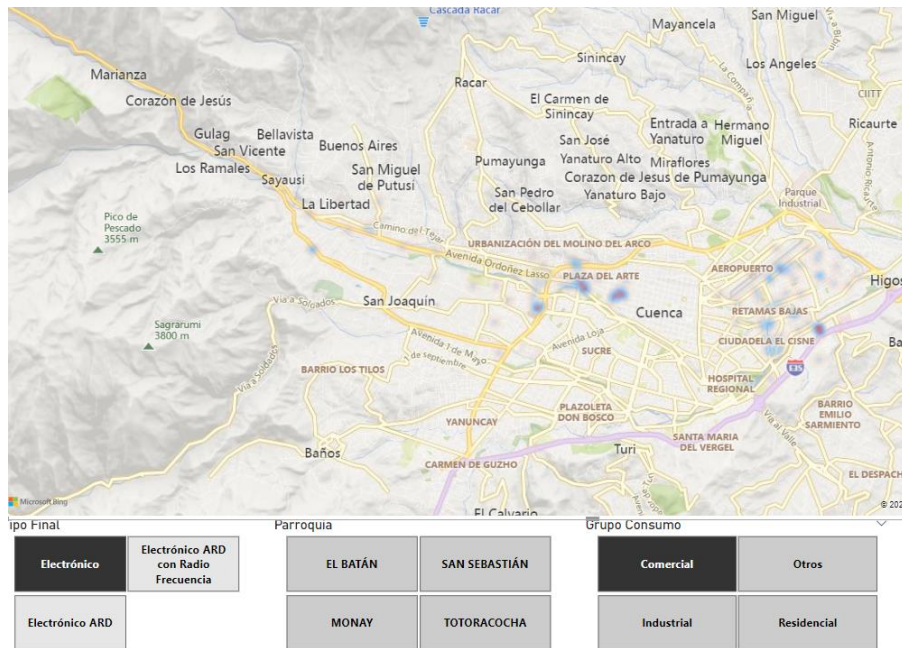


Fig. 48. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos según su consumo comercial.

Fuente: Autor

El medidor Electrónico con registro ARD, la Parroquia El Batán y Totoracochoa tienen una frecuencia relativa mayor que las demás parroquias, representando el 2% y 1% respectivamente del total de medidores de este tipo como lo indica la figura 49.

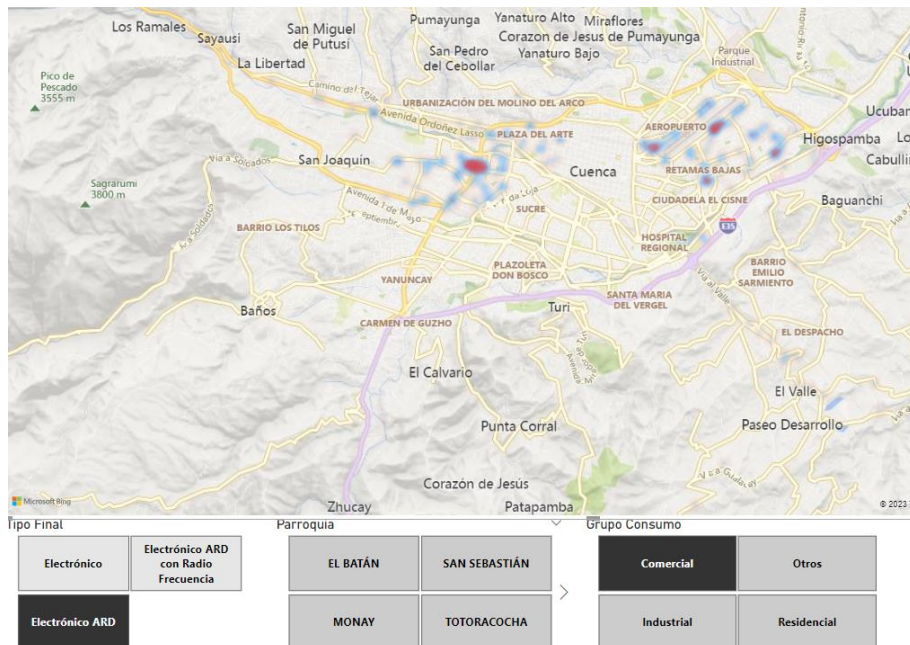


Fig. 49. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD según el grupo de consumo comercial.

Fuente: Autor

Finalmente, en el caso del medidor Electrónico con registro ARD con Radio Frecuencia, la Parroquia El Batán tiene la mayor cantidad de medidores de este tipo, representando el 0.2% del total de medidores para el grupo de consumo. Además, se observa una variabilidad en la frecuencia de los medidores por parroquia, lo que puede indicar diferencias en los patrones de consumo entre las distintas zonas geográficas como se referencia en la figura 50.

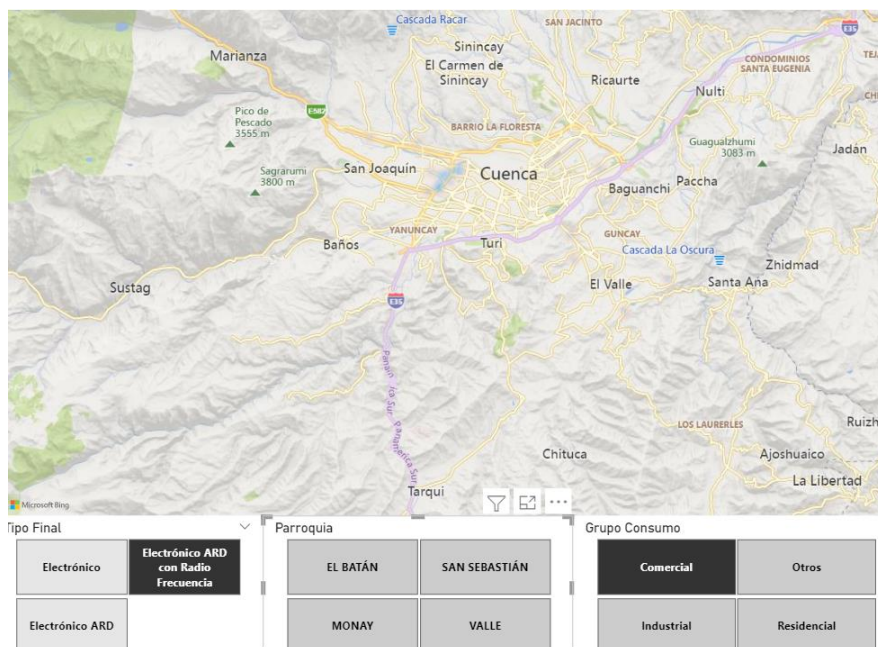


Fig. 50. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD con radio frecuencia según el grupo de consumo comercial.

Fuente: Autor.

4.7.2. Análisis del grupo de consumo Residencial

Se indica que el medidor más utilizado es sigue siendo el medidor Electrónico con registro ARD, seguido del Medidor Electrónico y finalmente el Medidor Electrónico con registro ARD con Radio Frecuencia como hace referencia en la tabla 33.

Tabla 33. Distribución de medidores según el grupo de consumo residencial.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
El Batán	92	682	89
Monay	508	397	28
San Sebastián	470	389	13
Totoracocha	345	525	0
Valle	0	704	257
	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
El Batán	2%	14%	2%
Monay	10%	8%	1%
San Sebastián	9%	8%	0%
Totoracocha	7%	11%	0%
Valle	0%	14%	5%

Fuente: Autor

En cuanto a las parroquias, se puede notar que la parroquia Valle no cuenta con el uso de medidores electrónicos como indica el mapa de calor de la figura 52, en el grupo de consumo residencial la distribución por parroquias se indica en la figura 51.

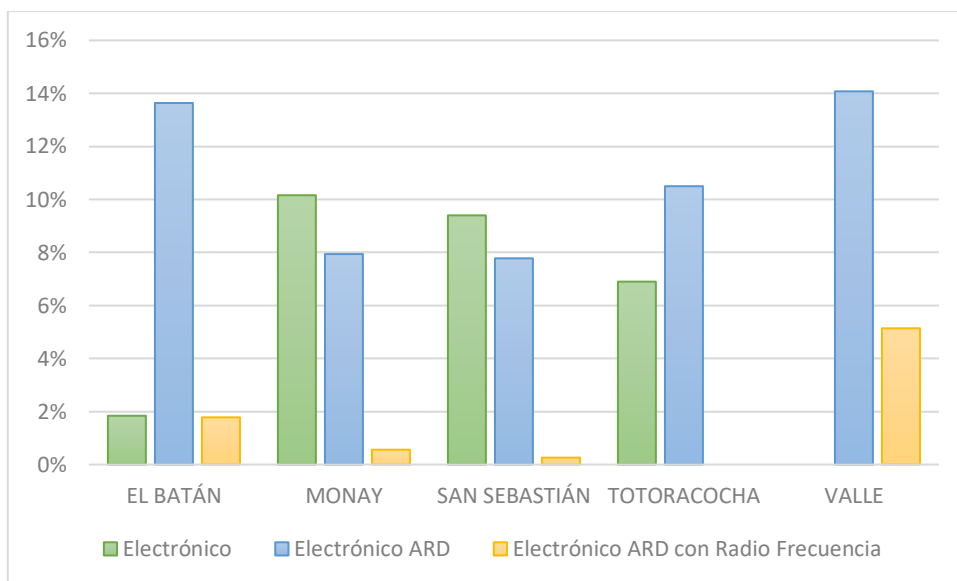


Fig. 51. Distribución de los medidores según el grupo residencial.

Fuente: Autor

Valle la parroquia rural también tiene mayor uso de medidores en este grupo de consumo con un 14% de los usuarios empleando el Medidor Electrónico con registro ARD con Radio Frecuencia como lo indica la figura 53.

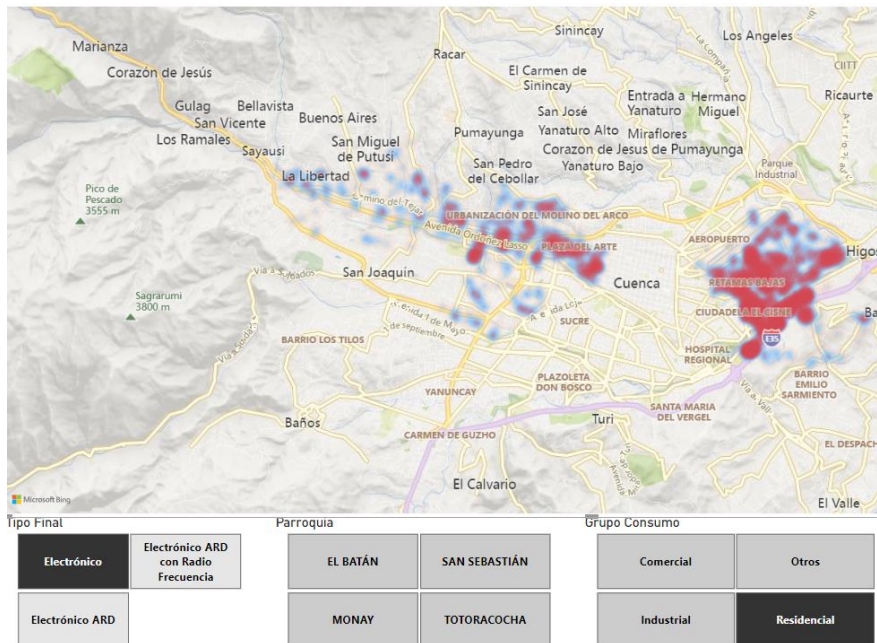


Fig. 52. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos según el grupo de consumo residencial.

Fuente: Autor

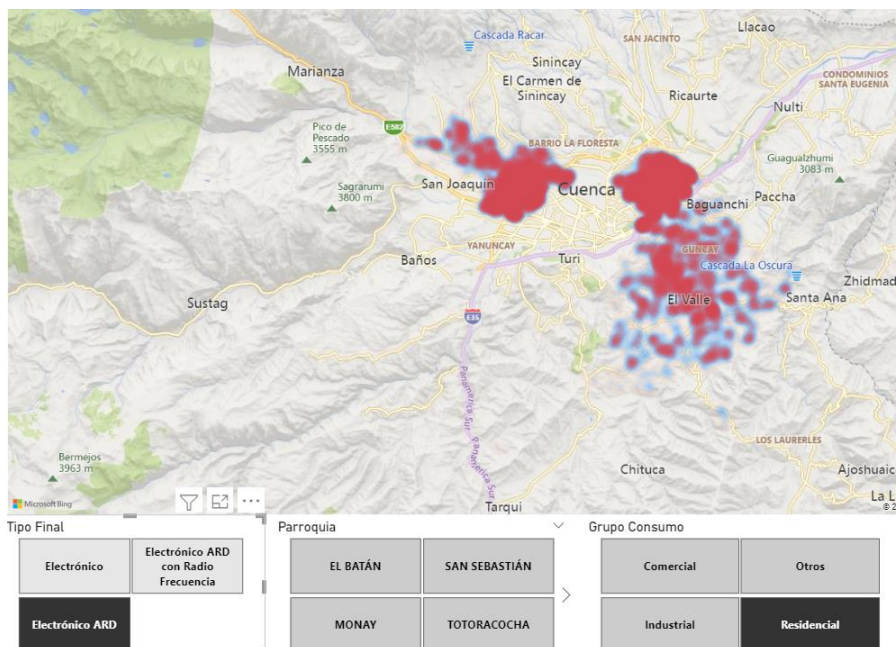


Fig. 53. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD según el grupo de consumo residencial.

Fuente: Autor.

En general, el grupo de consumo residencial es el que representa el mayor porcentaje de usuarios, siendo un 90% de los medidores instalados. En particular, las parroquias urbanas de Monay y El Batán tienen una mayor tendencia a utilizar el

medidor electrónico con registro ARD con radio frecuencia. Esta tendencia es justificada por el análisis estadístico realizado en el capítulo 2, donde se demostró que, aunque estas parroquias representaban una minoría de usuarios, tenían un valor de facturación mayor por la energía eléctrica consumida. Sin embargo, es importante mencionar que la parroquia rural Valle supera notablemente a estas parroquias en cuanto a la utilización de este medidor como se referencia en la figura 54.

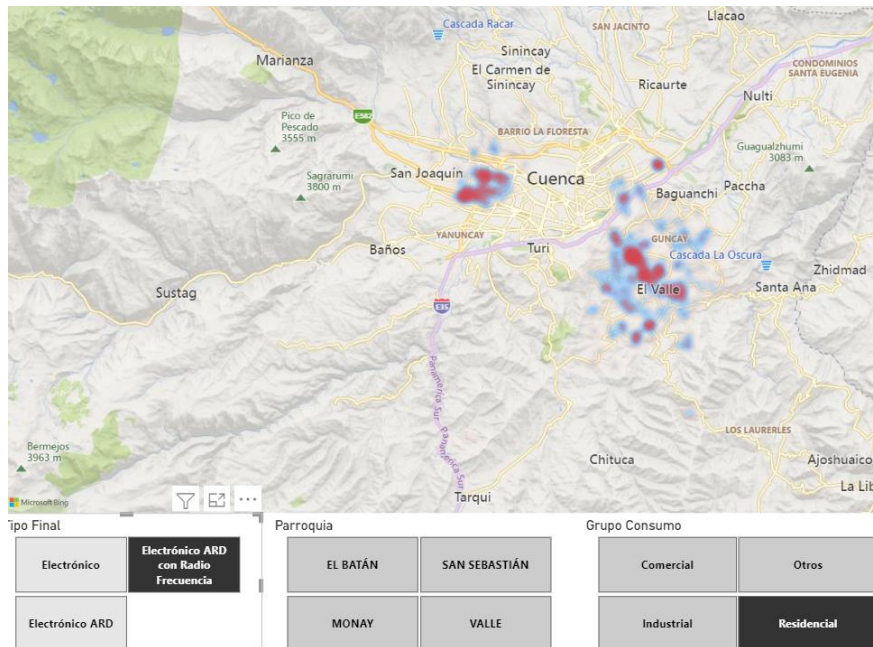


Fig. 54. Mapa de calor de distribución de los medidores electrónicos ARD con radio frecuencia según el grupo de consumo residencial.

Fuente: Autor.

Además, definimos que el Medidor Electrónico con registro ARD sea el más utilizado, podría indicar una preferencia por su precisión en la medición y su capacidad para registrar la energía consumida a lo largo del tiempo.

Análisis del grupo de consumo Industrial.

Los datos proporcionados muestran que el consumo de energía eléctrica en el grupo de consumo industrial es muy bajo en todas las parroquias, representando menos del 1% en el mayor de los casos se referencia en la tabla 34.

Tabla 34. Distribución de medidores según el grupo de consumo industrial.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
El Batán	0	18	2
Monay	7	8	1
San Sebastián	7	2	0
Totoracocha	9	6	0
Valle	0	7	2
	Frecuencia	Frecuencia	Frecuencia
El Batán	0%	0%	0%
Monay	0%	0%	0%
San Sebastián	0%	0%	0%
Totoracocha	0%	0%	0%

Fuente: Autor

Esto podría deberse a que las actividades económicas en esas áreas no requieren un consumo significativo de energía eléctrica, o bien, podrían estar utilizando fuentes de energía diferentes a la eléctrica, pero casi no hay representación visual como se indica en la figura 55.

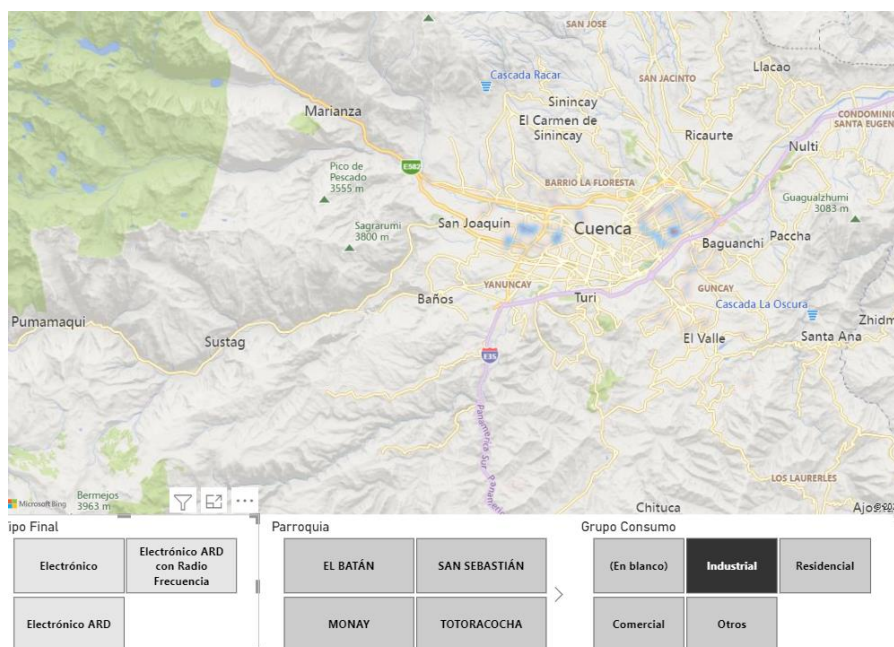


Fig. 55. Mapa de calor de distribución según el grupo de consumo industrial.

Fuente: Autor

Cabe destacar que los datos proporcionados pueden no ser representativos del consumo total de energía eléctrica en cada parroquia, ya que sólo se están considerando los medidores electrónicos de una muestra aleatoria de 1000 usuarios por cada parroquia y se están utilizando técnicas de lógica difusa para estimar el consumo real.

Finalmente podemos comparar los resultados obtenidos de los tres grupos de consumo para determinar si hay alguna tendencia o patrón que se pueda identificar. Por ejemplo, podemos notar que el grupo de consumo residencial tiene la mayor cantidad de medidores en cada categoría en comparación con los otros grupos. Además, en general, la mayor cantidad de los medidores pertenecen a la categoría de "Electrónico ARD" en todos los grupos de consumo.

También podemos notar que, para el grupo de consumo comercial, hay una cantidad significativa de medidores electrónicos ARD, mientras que, para el grupo de consumo residencial, hay una cantidad similar de medidores electrónicos y electrónicos ARD. Para el grupo de consumo industrial, la cantidad de medidores es mucho menor en comparación con los otros grupos.

5.8. Análisis por el tipo de tarifa eléctrica.

Después de haber analizado los resultados de la lógica difusa en cuanto al consumo eléctrico de las distintas parroquias, los resultados según el tipo de tarifa eléctrica pueden variar dependiendo de la cantidad de energía consumida como se hace referencia en la tabla 35.

Tabla 35. Distribución de medidores según las tarifas más significativas.

	Comercial			Residencial			Industrial		
	Electrónico	Electrónico o ARD	Electrónico o ARD con Radio Frecuencia	Electrónico o	Electrónico o ARD	Electrónico o ARD con Radio Frecuencia	Electrónico o	Electrónico o ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
BT Comercial	2%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
BT Industrial Artesanal	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%
BT Residencial	0%	0%	0%	27%	51%	7%	0%	0%	0%
BT Residencial para el Programa PEC	0%	0%	0%	2%	3%	1%	0%	0%	0%
MT Comercial	1%	1%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Fuente: Autor

En el grupo de consumo comercial, el 2% de los medidores electrónicos pertenecen a la tarifa "BT comercial", el 4% de los medidores electrónicos con registro ARD pertenecen a esta categoría.

Además, la tarifa "MT comercial" con demanda tiene una presencia del 1% tanto en los medidores electrónicos como en los medidores electrónicos con registro ARD en varias parroquias, lo que sugiere que existe una demanda comercial significativa en estas áreas.

En cuanto al análisis del grupo de consumo residencial de la tarifa "BT residencial", se puede observar que la mayoría de los usuarios pertenecen al grupo de medidores electrónicos con registro ARD con un 51%, seguido del 27% de medidores electrónicos y el 7% de medidores electrónicos con registro ARD y radiofrecuencia. Esto sugiere que los consumidores podrían estar optando por medidores electrónicos más avanzados para su uso residencial.

En el caso para la tarifa "BT residencial para el programa PEC", se puede observar que el 3% de los consumidores tienen medidores electrónicos ARD, mientras que solo el 2% tienen medidores electrónicos y el 1% tiene medidores electrónicos con ARD y radiofrecuencia. Esto puede ser una indicación de que los consumidores del programa PEC tienen una menor disposición a utilizar medidores electrónicos avanzados.

En resumen, el análisis de las estadísticas muestra que la mayoría de los consumidores residenciales optarían por medidores electrónicos avanzados como los ARD, mientras que en el consumo industrial la mayoría de empresas industriales representaría utilizar solo un 1% de medidores electrónicos ARD en la tarifa "BT Industrial Artesanal".

Después de haber analizado detalladamente los resultados de la lógica difusa en las distintas tarifas eléctricas en las parroquias seleccionadas, un enfoque más generalizado determina el comportamiento de estas tarifas en cada una de las parroquias.

El objetivo de este enfoque es obtener una visión general de cómo se comporta cada tarifa en las distintas parroquias. Este análisis más generalizado permitirá identificar patrones y tendencias en el comportamiento de las tarifas en la región y así poder diseñar estrategias adecuadas para una planificación de proyecto para el sistema de medición eléctrico a los distintos sectores.

5.9. Análisis de la tarifa “BT Comercial”

Como se mencionó en la sección anterior esta tarifa solo tiene el 1% en el grupo de consumo comercial como lo indica la tabla 36 donde se menciona la cantidad de medidores que para esta tarifa correspondiente a cada parroquia.

Tabla 36. Distribución de medidores según el tipo de tarifa “BT Comercial”.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
El Batán	6	65	11
Monay	23	12	0
San Sebastián	39	25	2
Totoracochoa	34	61	0
Valle	0	21	5

Fuente: Autor

Según los datos proporcionados, la parroquia urbana El Batán tiene un alto porcentaje de medidores electrónicos ARD, representando el 91.18% de los medidores en esta parroquia. Por otro lado, la parroquia urbana Monay tiene una distribución más equilibrada entre los medidores electrónicos y electrónicos ARD, aunque los medidores electrónicos tienen un poco más de presencia en esta parroquia. En la parroquia urbana San Sebastián, la presencia de medidores electrónicos y electrónicos ARD es bastante similar, aunque hay un número mayor de medidores electrónicos en comparación con la parroquia anterior como indica la figura 56.

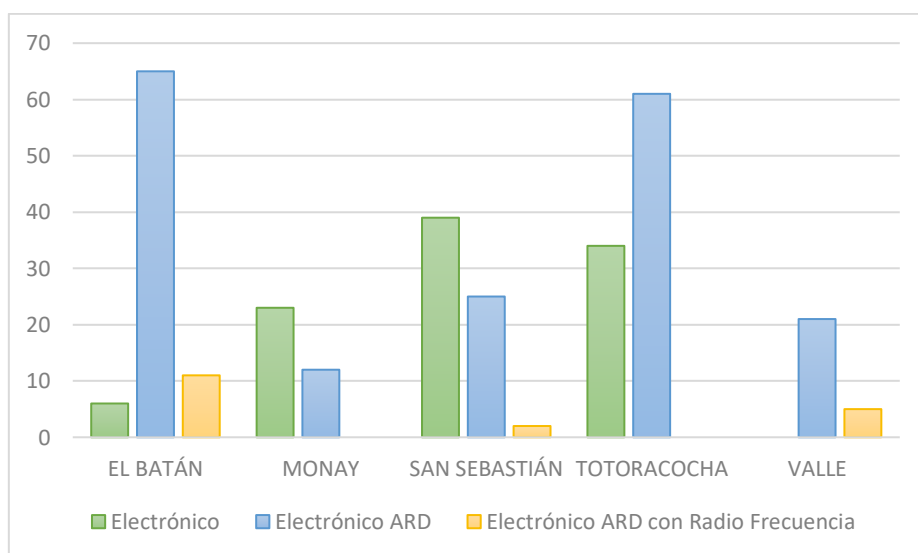


Fig. 56. Distribución de la tarifa BT Comercial por parroquias.

Fuente: Autor

En Totoracochoa, la presencia de medidores electrónicos ARD es mayor que la de los medidores electrónicos, con un porcentaje del 64.17%. Finalmente, en la parroquia rural Valle, no hay mucha presencia de medidores ARD para este tipo de tarifa como indica la figura 57.

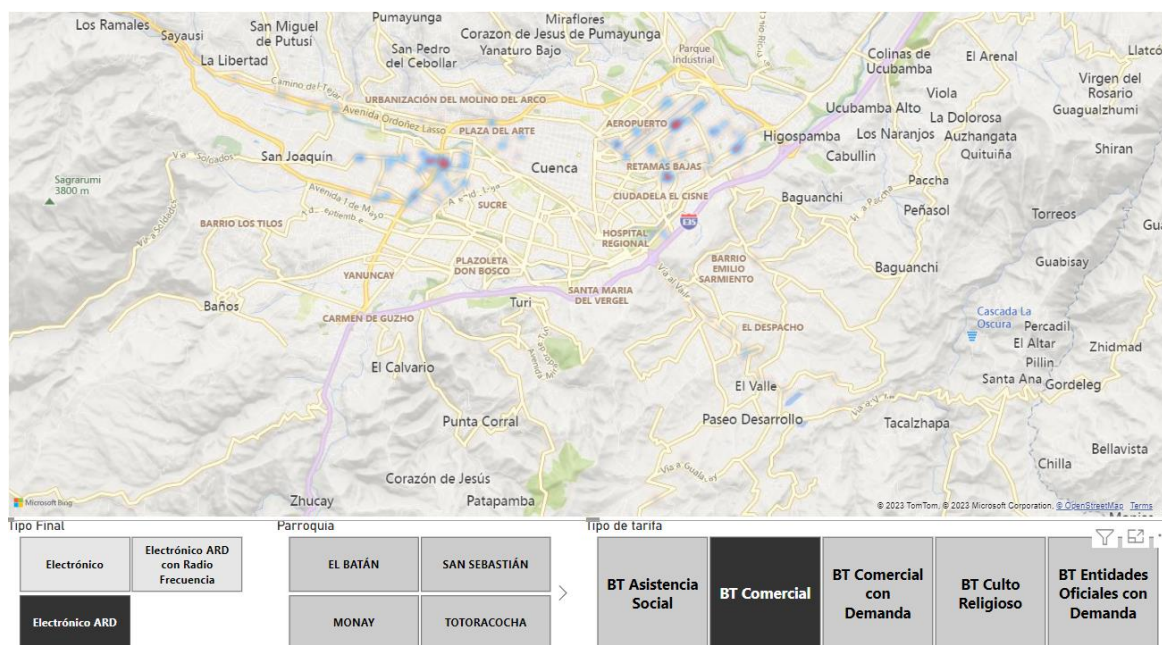


Fig. 57. Mapa de calor para el medidor electrónico ARD para la tarifa BT Comercial por parroquias

Fuente: Autor

5.10. Análisis de la Tarifa “BT Residencial”

Para la tarifa de "BT Residencial" en el grupo de consumo residencial, podemos observar que la mayoría de los medidores en todas las parroquias siguen siendo de tipo "Electrónico con registro ARD", con una presencia significativa en todas las parroquias como lo indica la tabla 37.

Tabla 37. Distribución de medidores según el tipo de tarifa “BT Residencial”.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
El Batán	92	641	83
Monay	457	370	27
San Sebastián	442	373	13
Totoracochoa	325	505	0
Valle	0	655	234

Fuente: Autor

En la parroquia urbana El Batán, indica una presencia de medidores electrónicos con radio frecuencia considerablemente menor en comparación con los otros tipos de medidores como se indica en la figura 57.

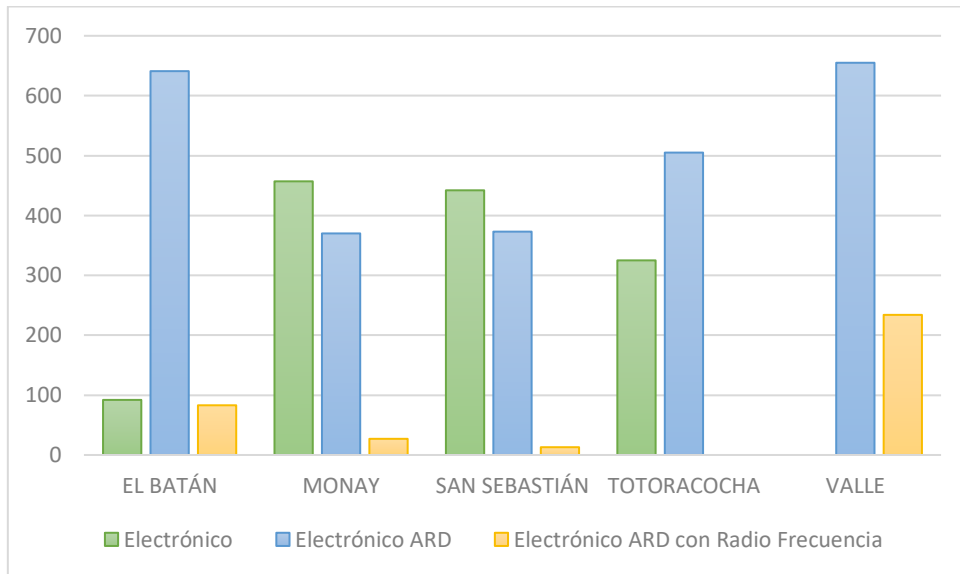


Fig. 58. Distribución de la tarifa BT Residencial por parroquias.

Fuente: Autor

En general, gran parte de los medidores en las parroquias seleccionadas son de tipo con registro ARD, lo que indica que hay una tendencia hacia la modernización de los sistemas de medición en la zona indicado en la figura 59.

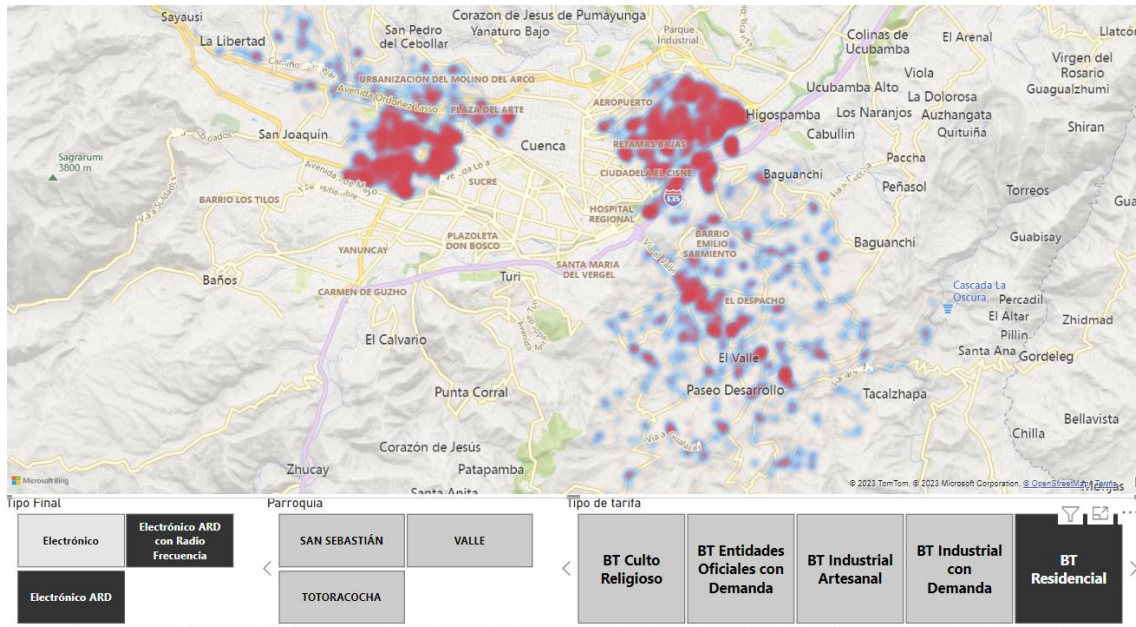


Fig. 59. Mapa de calor para el medidor electrónico ARD y ARD con radio frecuencia para la tarifa "BT Residencial".

Fuente: Autor

También en la parroquia rural Valle, solo se encontraron medidores electrónicos con registro ARD y medidores electrónicos con registro ARD con radio frecuencia, lo que sugiere que la infraestructura de medición en esta zona geográfica representa una gran proyección de crecimiento con equipos más modernos como se indicado en la figura 59.

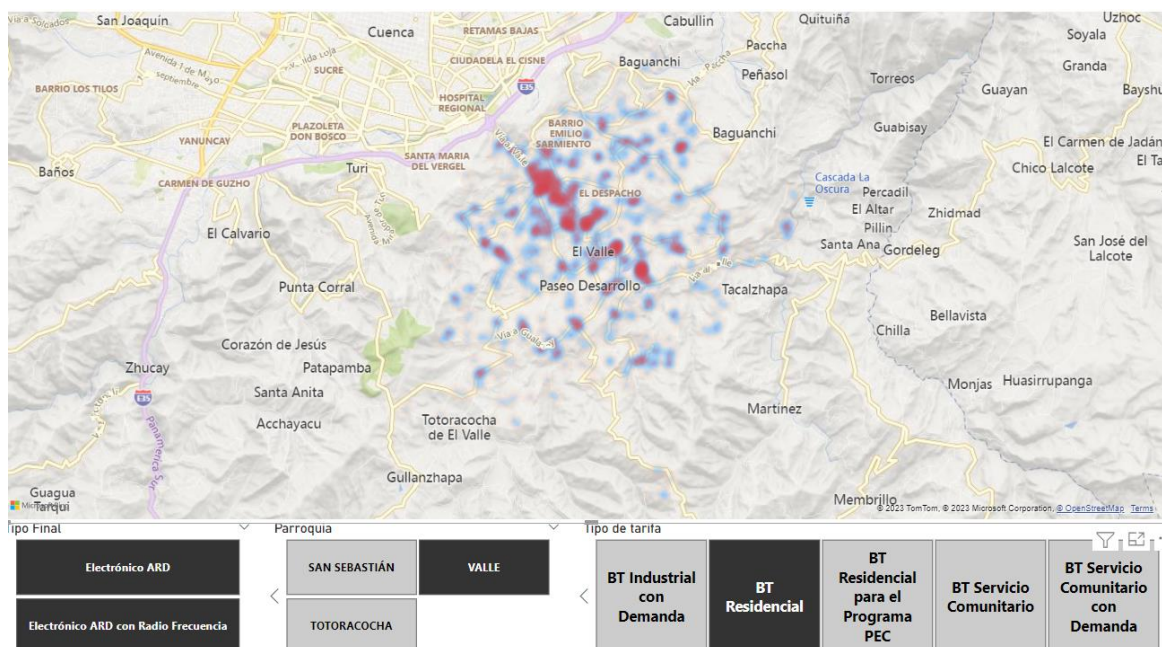


Fig. 60. Mapa de calor para el medidor electrónico ARD y ARD con radio frecuencia para la tarifa "BT Residencial" para la parroquia Valle.

Fuente: Autor

5.11. Análisis para la tarifa "BT Industrial Artesanal"

El análisis de la tarifa "BT Industrial Artesanal" del grupo de consumo Industrial. Según estos datos se conoce la distribución de los medidores de esta tarifa en las parroquias que se detalla en la tabla 38.

Tabla 38. Distribución de medidores según el tipo de tarifa "BT industrial artesanal".

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
El Batán	0	15	2
Monay	6	6	1
San Sebastián	6	1	0
Totoracochoa	7	4	0
Valle	0	4	2

Fuente: Autor

Al analizar la tarifa de "BT Industrial Artesanal" para el grupo de consumo industrial en las diferentes parroquias, se puede observar que la cantidad de medidores con esta tarifa es bastante baja en comparación con las tarifas analizadas anteriormente.

En la parroquia urbana El Batán, se encontraron 15 medidores electrónico con registro ARD y 2 medidores electrónico con registro ARD con Radio Frecuencia, mientras que en la parroquia urbana Monay se encontraron 6 medidores electrónico con registro ARD y 1 medidor electrónico con registro ARD con Radio Frecuencia. En la parroquia urbana San Sebastián, solo 1 medidor electrónico con registro ARD mientras que en la parroquia urbana Totoracocha se encontraron 4 medidores electrónico con registro ARD, como se indica en la figura 61 y 62.

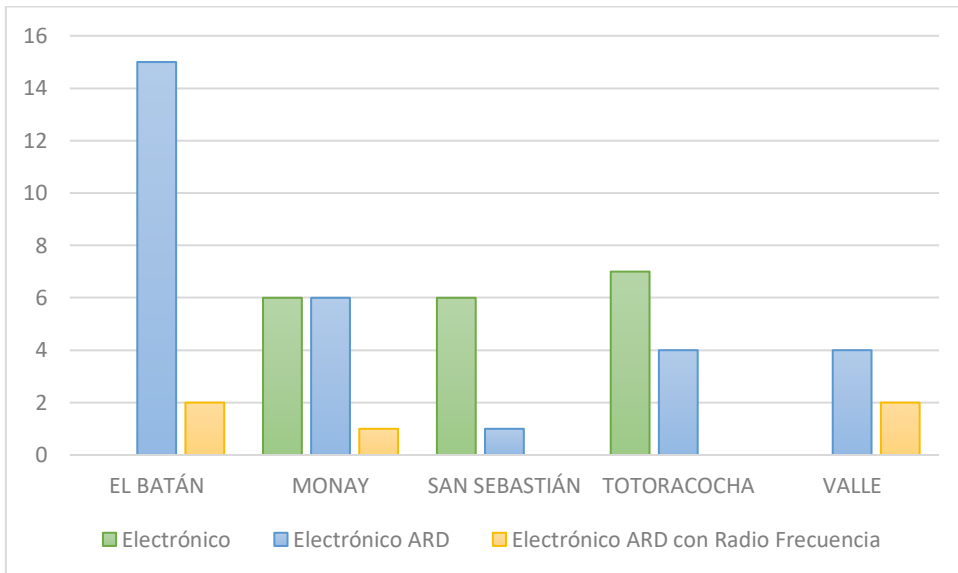


Fig. 61. Distribución de la tarifa BT Industrial Artesanal por parroquias.

Fuente: Autor

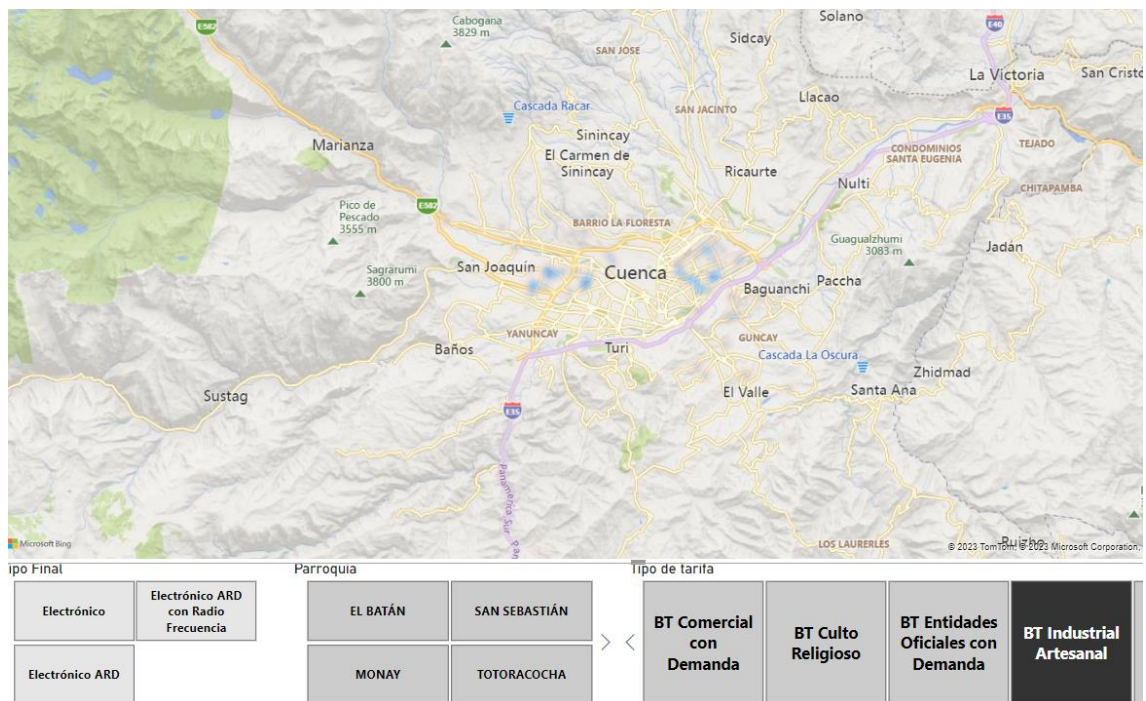


Fig. 62. Mapa de calor para la tarifa BT Industrial Artesanal para las parroquias.

Fuente: Autor

En resumen, se puede decir que la tarifa de "BT Industrial Artesanal" no es muy común en las parroquias seleccionadas y que su impacto en el consumo de energía eléctrica es probablemente menor en comparación con las otras tarifas analizadas.

Es importante resaltar que en el análisis estadístico realizado en el capítulo 2 se pudo observar que, aunque esta tarifa pueda contar con una cantidad limitada de clientes, estos resultan ser altamente valiosos para la empresa. En la facturación, se constata que estos clientes son los que más cancelan por el servicio, por lo tanto, estos clientes representan un potencial valioso para la empresa distribuidora de energía eléctrica especialmente como para las parroquias Batán y Totoracocha.

5.12. Planificación de proyectos

Dividir en dos clústeres puede ser especialmente útil para simplificar y segmentar grandes conjuntos de datos en dos grupos más manejables y significativos, lo que puede facilitar la toma de decisiones.

Además, la división en dos clústeres puede permitir la comparación de características y comportamientos entre dos grupos diferentes, lo que puede ser valioso en diversas aplicaciones, como realizar portafolios de proyectos.

La figura 63 muestra la división y conformación de ambos clústeres, junto con su línea de frontera. Esta división en dos clústeres es una técnica común en análisis de datos y puede proporcionar información útil al separar un conjunto de datos en grupos más pequeños y más homogéneos. La línea de frontera indica la separación entre los dos clústeres y se utiliza para clasificar nuevos datos en uno solo.

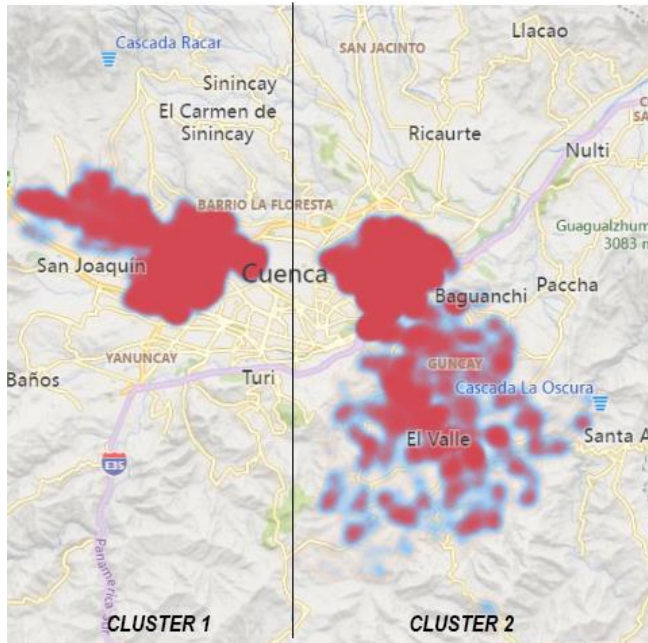


Fig. 63. División de clústeres con su línea de frontera.

Fuente: Autor

5.13. Costos totales de Instalación.

El análisis se determina por separado los costos destinados para la correcta designación para los equipos de medición en cada uno de ellos. Para ello, una tabla de costos referenciales donde se describe el rubro y el precio unitario correspondiente a cada detalle del proyecto, con el fin de definir un precio total de instalación que va ser tomado para cada cluster, como se hace referencia en la tabla 39.

Tabla 39. Descripción de costos de instalación.

	DESCRIPCION DEL RUBRO	PRECIO UNITARIO
1	Sustitución, reubicación de sistema de medición disperso, reporte e ingreso de información	\$ 37,36
2	Colocación de tablero empotrado o soldado desde 2 a 6 medidores incluye material para sujeción y mano de obra (no incluye tablero)	\$ 49,19
3	Instalación de puesta a tierra incluye material y mano de obra (incluye varilla, conductor, suelda, politubo)	\$ 40,34
4	Colocación de barra para neutro con seis terminales talón cadmiado, incluye barra de cobre, pernos, tuercas, arandelas cadmiados y mano de obra para armado y sujeción al tablero	\$ 14,91
5	Acometida 3x6 (40m)	\$ 32,00
6	Aislador de porcelana tipo ojo con tornillo de 44.5 mm.	\$ 2,74
7	Pinza de anclaje, termoplástica, ajustable para acometidas	\$ 2,33
8	Candado de seguridad master	\$ 4,19
	TOTAL	\$ 183,06

Fuente: Autor

La especificación de la obra y de los costos correspondientes para la planificación de los sistemas de medición, la tabla 40 detalla los precios para cada medidor según su tecnología determinada en la implementación del capítulo 3.

Tabla 40. Descripción de costos correspondientes a cada medidor.

Tipo de medidor	Costo Unitario
Electrónico	\$ 26,00
Electrónico con ARD	\$ 80,00
Electrónico con registro ARD y radio frecuencia	\$ 150,00
Electrónico multitarifa con radio frecuencia	\$ 250,00
Electrónico multitarifa AMI	\$ 400,00

Fuente: Autor

Finalmente podemos definir el costo total para cada tipo de consumo tomando en cuenta la ecuación 4.

$$ET = \text{Costo Tipo Medidor} + (\text{Tipo } \phi * CI) \quad (4)$$

donde:

Tipo ϕ : Corresponde al tipo de conexión

CI: Costo de Instalacion

Utilizando la ecuación 4, se ha calculado el precio total para cada medidor y tipo de conexión. Es importante destacar que el precio para la conexión bifásica representa un incremento del 8% sobre el precio total de la tarifa monofásica, de igual forma para la conexión trifásica. Estos precios detallados se hace referencia en la tabla 41.

Tabla 41. Descripción de costos según el tipo de consumo y medidor.

	Electrónico	Electrónico con ARD	Electrónico con registro ARD y radio frecuencia
Conexión monofásica.	\$ 209,06	\$ 263,06	\$ 333,06
Conexión bifásica.	\$ 225,78	\$ 284,10	\$ 359,70
Conexión trifásica.	\$ 243,85	\$ 306,83	\$ 388,48

Fuente: Autor

5.14. Portafolio de proyecto 1

En este portafolio indica un análisis detallado del primer cluster, que, mediante los resultados obtenidos para cada tipo de conexión con sus respectivos tipos de medidores correspondientes, tal como se referencia en la tabla 42.

Tabla 42. Cantidad de medidores cluster 1.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
Monofásico	64	55	3
Bifásico	507	1049	110
Trifásico	69	135	8

Fuente: Autor

5.15. Precio total del portafolio de proyectos 1

Con el fin de especificar los costos de instalación de los medidores en las distintas conexiones y tarifas, un análisis de costo total mediante la utilización de la ecuación 4. De esta manera, se tendrá en cuenta la tabla 42 para definir los precios correspondientes a cada tipo de conexión y tarifa, y detallando el precio total para el coste del sistema de medición eléctrica en la tabla 43.

$$ET = \text{Cantidad medidores} * \text{Costo Tipo Medidor} \times (\text{Tipo } \phi * CI) \quad (4)$$

donde:

Tipo ϕ : Corresponde al tipo de conexión

CI: Costo de Instalacion

Tabla 43. Precio total portafolio de proyecto 1.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
Monofásico	\$ 13,379.84	\$ 14,468.30	\$ 999,18
Bifásico	\$ 114,470.46	\$ 298,020.90	\$ 36,567.00
Trifásico	\$16,825.65	\$ 41,422.05	\$ 3,107.84

Fuente: Autor

Tomando en cuenta los precios especificados en la tabla 44, se puede calcular un valor total de \$ 542,261.22 dólares americanos sin incluir impuestos para la implementación tecnológica de los sistemas de medición del operador de distribución eléctrica.

5.16. Portafolio de proyecto 2

En este portafolio 2 determina por separado los costos destinados para la correcta designación para los equipos de medición en cada uno de ellos para cada conexión eléctrica, tal como se referencia en la tabla 44.

Tabla 44. Cantidad de medidores cluster 2.

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
Monofásico	24	82	17
Bifásico	838	1592	268
Trifásico	73	97	9

Fuente: Autor

5.17. Precio total del portafolio de proyectos 2

Con el fin de especificar los costos de disposición de los medidores en las distintas conexiones y tarifas, indica un análisis de costo total mediante la utilización de la ecuación 4. De esta manera, se tendrá en cuenta la tabla 44 para definir los precios correspondientes a cada tipo de conexión y tarifa, y detallando el precio total en la tabla 45.

Tabla 45. Precio total portafolio de proyecto 2

	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
Monofásico	\$ 5,017.44	\$ 21,570.92	\$ 5,662.02
Bifásico	\$ 189,203.64	\$ 452,287.20	\$ 96,399.60
Trifásico	\$ 17,801.05	\$ 29,762.51	\$ 3,496.32

Fuente: Autor

Tomando en cuenta los precios especificados en la tabla 45 se puede calcular un valor total de \$ 821,200.70 dólares americanos sin incluir impuestos para la instalación tecnológica de los sistemas de medición del operador de distribución eléctrica.

CONCLUSIONES

En conclusión, luego de realizar los análisis e investigaciones correspondientes, la obtención de patrones y relaciones significativas relevantes a partir de un conglomerado de datos de gran importancia en el análisis tecnológico del sistema de medición de una empresa de comercialización y distribución de energía. Se determinó que, a través de la metodología de lógica difusa, para la planificación a medio o largo plazo, se podría considerar el cambio de tecnología del sistema de medición. El análisis de la muestra se realizó para 5000 usuarios, donde más del 60% se consideró apto para el cambio al medidor electrónico con registro de activa, reactiva y demanda (ARD), y sólo el 36% permanecería con el contador electrónico convencional. En la actualidad, el 98% de estos sistemas de medición son medidores electrónicos, y el 2% restante pertenece a la categoría electromecánica.

Las conexiones bifásicas representaron la mayor parte de la población de la muestra, con un 87% de los datos analizados. Del mismo modo, el grupo de consumo residencial contaba con el 90% del segmento muestral, y se comprobó que, a pesar de tener una gran relevancia en este grupo de consumo y tipo de tarifa, no existían grandes diferencias en el análisis de las variables económicas. Lo primero que destaca de estos resultados es que la facturación total de las tarifas comerciales es mucho menor en comparación con las tarifas residenciales, lo cual es de esperar dado que hay menos clientes en esta categoría.

Finalmente, a partir de los datos proporcionados, en una inferencia lógica y coherente, se determinó que los estratos más altos (B, C y A) en las parroquias El Batán y San Sebastián, que son consideradas zonas más remuneradas socialmente, tienen las tarifas residenciales y comerciales más altas, lo que indica un mayor consumo de energía eléctrica. Además, la tarifa industrial también es más alta en El Batán, lo que sugiere que hay una presencia significativa de empresas y comercios en esta zona. Por lo tanto, estas parroquias contribuyen más a los ingresos mayoritarios de la empresa de energía eléctrica, y en ellas se representan más cambios tecnológicos mediante la metodología de lógica difusa.

La parroquia rural de Valle muestra un crecimiento significativo de la población y del consumo energético, y según la metodología de lógica difusa, se concluyó que no se requiere ninguna variable, ya sea que represente a su grupo de consumo, al tipo de tarifa o de los medidores electrónicos convencionales dando como resultados que los medidores electrónicos con registro de activa, reactiva y demanda ARD se consideran ideales para esta parroquia rural.

Se determinó que el precio total para un cambio tecnológico podría obtenerse a través de dos carteras de proyectos, con un valor total de \$ 542.261,22 dólares estadounidenses sin incluir impuestos para un primer proyecto y \$ 821.200,70 dólares estadounidenses sin incluir impuestos para la implementación tecnológica en un segundo proyecto considerando para los equipos de medición del operador de distribución eléctrica.

RECOMENDACIONES

Para la metodología de lógica difusa escoger las variables adecuadas es un paso crítico en cualquier proyecto que involucre la aplicación de la lógica difusa. Para seleccionar las variables adecuadas, es importante tener un conocimiento profundo del problema a resolver y de los factores que influyen en él. También es recomendable contar con la seguimiento y experiencia de expertos en el tema. Si se seleccionan las variables incorrectas, puede haber problemas en el funcionamiento del sistema difuso. Es posible que el sistema no produzca resultados precisos o que las conclusiones que se tomen en base a ellos no sean las adecuadas. Sin embargo, esto no significa que todo el sistema fallará. En muchos casos, los sistemas difusos son capaces de manejar pequeñas variaciones o errores en las variables de entrada.

Los resultados de este estudio indican que los medidores electromecánicos siguen siendo ampliamente utilizados en la ciudad, lo que indica su impacto en el sistema de medición actual. Por tanto, se sugiere considerar el análisis para una posible reestructuración, teniendo en cuenta la planificación tecnológica basado en lógica borrosa realizada en esta investigación.

La aplicación de lógica difusa también puede enfocarse y desarrollarse en el análisis de otras parroquias de la ciudad. De esta manera se pueden obtener valores significativos para los sistemas de medición eléctrica, teniendo en cuenta las variables de entrada y salida planteadas en este trabajo investigativo.

BIBLIOGRAFIA

- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2017). ARCONEL.
- Ahmed, M. M., & El-Shafie, A. (2015). Load forecasting using fuzzy logic. *2015 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)*, 81–86.
- Akbari, A., Ghaedi, M., & Rezaei, S. (2019). Fuzzy logic-based voltage measurement in distribution systems with harmonics. *IET Generation, Transmission & Distribution*, 13(2), 243–250. <https://doi.org/10.1049/iet-gtd.2018.5784>
- Avancini, D. B., Rodrigues, J. J. P. C., Martins, S. G. B., Rabêlo, R. A. L., Al-Muhtadi, J., & Solic, P. (2019). Energy meters evolution in smart grids: A review. *Journal of Cleaner Production*, 217, 702–715. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2019.01.229>
- Barahona, J. (2017). *Evaluación de la eficiencia y precisión de los sistemas de medición de energía eléctrica en la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur*. Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador.
- Bonissone, P. P., & Goebel, K. (2002). When will it break? A hybrid soft computing model to predict time-to-break margins in paper machines. *Https://Doi.Org/10.1117/12.455868*, 4787, 53–64. <https://doi.org/10.1117/12.455868>
- Castelo, J., & Ballester, J. (2012). Planificación de sistemas de medida en la industria. *Planificación de Sistemas de Medida En La Industria*.
- Dolores, J., & Cervantes, J. (n.d.). *Sistemas de distribución de energía eléctrica / José Dolores Juárez Cervantes*.
- Estrella Piña, J. R. (2018). *Implementación de un sistema de medición inteligente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/15128>
- Herrera, F., & Verdegay, J. L. (1995). *Técnicas de inferencia en sistemas difusos*. Prentice Hall.
- Huang, X., Lin, W., & Bao, G. (2018). A fuzzy logic-based energy management strategy for a grid-connected microgrid. *Energy Conversion and Management*, 172, 240–251. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2018.06.012>
- Javadian, N., Mohammadi-Ivatloo, B., & Rezvani, A. (2018). A fuzzy-based approach for fault detection and isolation in distribution systems. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 102, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2018.03.009>
- Kang, Y., Zhao, S., Chen, D., Tong, Y., & Gao, J. (2016). Application of fuzzy logic control in distribution network reconfiguration for energy saving. *Energy*, 97, 438–450. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.12.080>
- Klir, G. J., & Yuan, B. (1995). *Fuzzy sets, uncertainty, and information*. Prentice Hall.
- Klir, G. J., Yuan, B. O., & Jtwww, H. (2000). *FUZZY SETS AND FUZZY LOGIC Theory and Applications*. www.prenhall.com

- Kumar, R., Kumar, D., & Singh, A. K. (2016). Fuzzy logic-based approach for measurement of power quality parameters. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 76, 80–87. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.10.012>
- Kumbhar, A. G., & Kodag, P. B. (2016). Application of fuzzy logic for energy management in electrical power systems: A review. *International Journal of Engineering Research and Applications*.
- Llera, J. C., Aguilar, J. J., Cano, J., & Garcia-Blas, J. (2014). Evaluación de la calidad de manzanas mediante técnicas de visión artificial y lógica difusa. *Agroindustrial Science*, 2(1), 49–58.
- Louis, J. R., Shanmugham, S., & Jerome, J. (2016). Encompassing nine switch converter approach in wind-hydro hybrid power system feeding three phase three wire dynamic loads. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 79, 66–74. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2016.01.010>
- Majumder, R., & Das, D. (2016). A fuzzy-based decision-making approach for energy management in commercial buildings. *Sustainable Cities and Society*, 26, 154–160. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.05.017>
- Moreno Escobar, J. J., Morales Matamoros, O., Tejeida Padilla, R., Lina Reyes, I., & Quintana Espinosa, H. (2021). A Comprehensive Review on Smart Grids: Challenges and Opportunities. *Sensors 2021*, Vol. 21, Page 6978, 21(21), 6978. <https://doi.org/10.3390/S21216978>
- Morfin, O., Castañeda, C., Valderrabano-Gonzalez, A., Hernandez-Gonzalez, M., & Valenzuela, F. (2017). A Real-Time SOSM Super-Twisting Technique for a Compound DC Motor Velocity Controller. *Energies*, 10(9), 1286. <https://doi.org/10.3390/en10091286>
- Ramos, G., Castro, J. I., & Martinez, Y. (2017). Fuzzy logic control for maximum power point tracking in photovoltaic systems. *IEEE Latin America Transactions*, 15(10), 2096–2102.
- Raton, B., New, L., & Washington, Y. (2004). *Electric Power Distribution Handbook*. www.crcpress.com
- Rolando, D., Coronel, I., Marcelo, S., & Torres, R. (2012). *Análisis de factibilidad para la implementación de un sistema AMI (Advanced Metering Infrastructure) mediante contadores inteligentes por parte de la Empresa Eléctrica Azogues C.A.* <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/1933>
- Ross, T. J. (2010a). *Fuzzy logic with engineering applications* (John Wiley & Sons, Eds.; 3rd ed).
- Ross, T. J. (2010b). *FUZZY LOGIC WITH ENGINEERING APPLICATIONS 3rd ed.* John Wiley & Sons, Inc.
- Ruano, A. E. (2007). *Fundamentals of fuzzy sets.* CRC Press.
- Saadat, N., Choi, S. S., & Vilathgamuwa, D. M. (2013). A series-connected photovoltaic distributed generator capable of enhancing power quality. *IEEE Transactions on Energy Conversion*, 28(4), 1026–1035. <https://doi.org/10.1109/TEC.2013.2278379>

- Salmerón, J.-L., Díez-Mediavilla, M., & Sánchez-Solano, A.-J. (2017). Fuzzy logic control for energy management in buildings: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68, 658–670. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.06.061>
- Schavemaker, P., & Sluis, L. van der. (n.d.). *Electrical power system essentials*. 398. Retrieved April 3, 2023, from <https://www.wiley.com/en-us/Electrical+Power+System+Essentials%2C+2nd+Edition-p-9781118803479>
- Sun, Y., Zeng, X., Du, Y., Wu, R., & He, X. (2018). Application of fuzzy logic control in reactive power compensation. *Journal of Physics: Conference Series*, 1050(1), 12075.
- Technology Roadmap - Smart Grids – Analysis - IEA*. (n.d.). Retrieved April 3, 2023, from <https://www.iea.org/reports/technology-roadmap-smart-grids>
- Turner, W. C., & Doty, S. (2006). *ENERGY MANAGEMENT HANDBOOK, SIXTH EDITION: Vol. 6th Edition*.
- Unterweger, A., Taheri-Boshrooyeh, S., Eibl, G., Knirsch, F., Küpçü, A., & Engel, D. (2018). Understanding Game-Based Privacy Proofs for Energy Consumption Aggregation Protocols. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 10(5), 5514–5523. <https://doi.org/10.1109/TSG.2018.2883951>
- Wilcox, T., Jin, N., Flach, P., & Thumim, J. (2019). A Big Data platform for smart meter data analytics. *Computers in Industry*, 105, 250–259. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2018.12.010>
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8(3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
- Zimmermann, H.-J. (2001). Fuzzy Set Theory—and Its Applications. *Fuzzy Set Theory—and Its Applications*. <https://doi.org/10.1007/978-94-010-0646-0>

ANEXOS

ANEXO 1 Base de datos del conjunto variables

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
Provincia	Ciudad	Patronia	Ycom	Nombre	Surf	Destino	Medidor	Mano Medida	Tipo Med	Kwh N1	Kwh N2	Kwh N3	Tension	Cat N1	Cat N2	Cat N3	Let N1	Let N2	Let N3
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	2000008963	CARLOS ALBERTO MEDINA BTCRSD010	MT Comercial	520300747	XLI	Trafico	HEXING	182.58	189.72	197.88	Media	01	01	01	2121	1942	1756
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000097614	AIDA ROSARIO MEDINA BTCRSD010	BT Residencial	1000545627	HEXING	Bifasico	HEXING	129	113	108	Baja	01	01	01	7698	7479	7366
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000098962	BERTHA LASTERIA CA BTCRSD010	BT Residencial	1000915289	HEXING	Bifasico	HEXING	136	138	126	Baja	01	01	01	13621	13485	13347
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	2000011214	ARNALDO RAMIRO AE BTCRSD010	BT Residencial	2016228187	LNTRN	Bifasico	HEXING	61	59	67	Baja	01	01	01	8674	8613	8564
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000013182	ANGEL SAMUEL UREI BTCRSD010	BT Residencial	1000036202	HEXING	Bifasico	HEXING	75	65	71	Baja	01	01	01	7581	7506	7441
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	2000013892	ANGEL SAMUEL UREI BTCRSD010	BT Residencial	1000036203	HEXING	Bifasico	HEXING	67	63	74	Baja	01	01	01	7124	7057	6994
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000143712	BANION FELIPE VASG BTCRSD010	BT Residencial	1000517708	HEXING	Bifasico	HEXING	213	213	184	Baja	01	01	01	21447	21234	21021
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000160700	BLANCA LEONOR RO BTCRSD010	BT Residencial	2000915459	HEXING	Bifasico	HEXING	62	71	77	Baja	01	01	01	8722	8640	8568
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000187969	BLANCA ASUNCION A BTCRSD010	BT Residencial	1000532082	HEXING	Bifasico	HEXING	65	20	16	Baja	01	01	01	13140	13075	13055
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000189775	ANGEL SALVADOR A BTCRSD010	BT Residencial	2015815056	LNTRN	Bifasico	HEXING	42	43	39	Baja	01	01	01	6980	6938	6895
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000197497	ARISTO GUAMAN LU BTCRSD010	BT Residencial	1000607958	HEXING	Bifasico	HEXING	218	213	220	Baja	01	01	01	8363	8145	7932
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000202189	BERTA TERESA ARAI BTCRSD010	BT Residencial	2002263449	XLI	Bifasico	HEXING	47	49	70	Baja	01	01	01	2365	2318	2269
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000226544	BERTA TERESA ARAI BTCRSD010	BT Residencial	2002213207	XLI	Bifasico	HEXING	13	14	10	Baja	01	01	01	42	29	15
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000204129	BERTA TERESA ARAI BTCRSD010	BT Residencial	2002213208	XLI	Bifasico	HEXING	197	186	169	Baja	01	01	01	667	470	284
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000215919	BLANCA ITALIA AMBR BTCRSD010	BT Residencial	2015001447	LNTRN	Bifasico	HEXING	130	111	114	Baja	01	01	01	11865	11735	11624
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000227508	ANA ETELVIA CAMB BTCRSD010	BT Residencial	1000622118	HEXING	Bifasico	HEXING	146	127	123	Baja	01	01	01	17097	16841	16614
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000230934	ANGELICA PATRICIA V BTCRSD010	BT Residencial	1000465426	HEXING	Bifasico	HEXING	132	135	130	Baja	01	01	01	5679	5547	5412
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000240480	ALEJANDRO VICENTE BTCRSD010	BT Residencial	1000513295	HEXING	Bifasico	HEXING	295	289	326	Baja	01	01	01	25288	24973	24684
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000254215	ANGEL GABRIEL QUIR BTCRSD010	BT Residencial	2002118447	XLI	Bifasico	HEXING	180	145	137	Baja	01	01	01	2679	2499	2354
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000261423	ANGELITA ELIANA A BTCRSD010	BT Residencial	2013203378	HEXING	Bifasico	HEXING	145	115	111	Baja	01	01	01	10763	10638	10523
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000320284	BOLIVAR GONZALO V BTCRSD010	BT Residencial	1000631334	HEXING	Bifasico	HEXING	158	136	141	Baja	01	01	01	16555	16397	14761
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000304325	CARLOS ALFONSO M BTCRSD010	BT Residencial	2015029203	LNTRN	Bifasico	HEXING	107	96	106	Baja	01	01	01	7005	6898	6802
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000317640	BLANCA FELICIA BRIT BTCRSD010	BT Residencial	60758	SUNRISE	Bifasico	HEXING	277	248	251	Baja	01	01	01	50487	50210	49662
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000320347	BLANCA FELICIA BRIT BTCRSD010	BT Residencial	2014306339	HEXING	Bifasico	HEXING	0	0	0	Baja	01	01	01	12438	12438	12438
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000320284	BLANCA OLIVA CERO BTCRSD010	BT Comercial	2011028295	SUNRISE	Mondofasico	HEXING	125	134	61	Baja	03	03	03	87163	86958	86624
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000332755	CARLOS ALBERTO BR BTCRSD010	BT Residencial	2014242069	SUNRISE	Bifasico	HEXING	57	54	49	Baja	01	01	01	6747	6690	6636
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000336970	ANGEL FEDERICO HU BTCRSD010	BT Residencial	1000481793	HEXING	Bifasico	HEXING	10	56	33	Baja	01	01	01	5208	5198	5142
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000339362	ADIAN ALEJANDRO VE BTCRSD010	BT Residencial	1000814691	HEXING	Bifasico	HEXING	145	139	183	Baja	01	01	01	7551	7496	7287
AZUAY	CUENCA	EL BATAN	20000343265	ANGEL RAFAEL M BTCRSD010	BT Residencial	1000916452	HEXING	Bifasico	HEXING	291	147	138	Baja	01	01	01	15690	15489	15242

U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	
Let N1	Let N2	Let N3	Valor Facturacion Usd	Apertura	Instalacion	Descripcion Tar	Tipocensura	Medidor	Mano Medida	Tipo	Coordenada X	Coordenada Y	Zlat	Zlong	Grupo Consumo	Primo Inst	
2121	1942	1756	5	58.28	MATRIZ	4000034230	MT Comercial con Dep	Pinado	000000000520	XLI	Electronico	718975.089	-9679041.816	-2.902059601	-79.03000498	Comercial	07/05/1999
7698	7479	7366	5	24.69	MATRIZ	4000019272	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719585.027	-9679518.028	-2.897739926	-79.02207234	Residencial	19/05/1999
13621	13485	13347	5	25.82	MATRIZ	4000014167	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	718891.256	-9678692.968	-2.905215101	-79.03075341	Residencial	22/08/2000
8674	8613	8554	5	9.24	MATRIZ	4000005919	BT Residencial	Pinado	000000000215	HEXING	Electronico	718367.4351	-9679119.848	-2.901363613	-79.03470795	Residencial	08/07/1999
7581	7586	7441	5	10.60	MATRIZ	4000000339	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719011.788	-9679101.587	-2.901518592	-79.02967588	Residencial	04/08/1999
7124	7057	6994	5	9.82	MATRIZ	4000005345	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719011.788	-9679101.587	-2.901518592	-79.02967588	Residencial	04/08/1999
21447	21234	21021	5	11.73	MATRIZ	4000032636	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719063.188	-9679960.529	-2.893751492	-79.02922709	Residencial	04/08/1999
8722	8640	8569	5	11.28	MATRIZ	4000032197	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719216.965	-9679068.271	-2.901816593	-79.02783024	Residencial	06/10/1999
13140	13075	13055	5	35.26	MATRIZ	4000023261	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719583.243	-9679273.556	-2.899953792	-79.02453959	Residencial	08/09/1999
6980	6938	6895	5	5.55	MATRIZ	4000019594	BT Residencial	Pinado	000000000215	LNTRN	Electronico	718500.443	-9678312.243	-2.904145441	-79.03354855	Residencial	17/09/1999
8363	8145	7932	5	78.55	MATRIZ	4000005740	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	718452.809	-9678915.353	-2.903211259	-79.0346998	Residencial	17/08/1999
2365	2318	2269	5	9.22	MATRIZ	4000005749	BT Residencial	Pinado	000000000520	XLI	Electronico	718409.005	-9679726.996	-2.895857586	-79.02611358	Residencial	17/08/1999
42	29	15	5	47.80	MATRIZ	4000005752	BT Residencial	Pinado	000000000520	XLI	Electronico	718409.005	-9679726.996	-2.895857586	-79.02611358	Residencial	17/08/1999
667	470	284	5	35.82	MATRIZ	4000005755	BT Residencial	Pinado	000000000520	XLI	Electronico	718409.005	-9679726.996	-2.895857586	-79.02611358	Residencial	17/08/1999
11865	11735	11624	5	24.86	MATRIZ	4000026484	BT Residencial	Pinado	000000000215	LNTRN	Electronico	718441.538	-9679150.651	-2.901083936	-79.03403483	Residencial	18/05/1999
17087	16841	16614	5	21.92	MATRIZ	4000038442	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719313.264	-9679038.517	-2.902084101	-79.02896377	Residencial	22/12/1994
5679	5547	5412	5	25.18	MATRIZ	4000010773	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	718948.458	-9678836.827	-2.90391347	-79.03024125	Residencial	22/11/1994
25268	24973	24684	5	52.35	MATRIZ	4000012319	BT Residencial	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	719833.894	-9679022.669	-2.896794179	-79.02229191	Residencial	28/11/1994
2679	2499	2354	5	33.02	MATRIZ	4000016118	BT Residencial	Pinado	000000000520	XLI	Electronico	719314.789	-9679096.308	-2.901561549	-79.02659056	Residencial	22/11/1994
10763	10638	10523	5	27.31	MATRIZ	4000037902	BT Residencial	Pinado	000000000210	HEXING	Electronico	719615.3626	-9679796.06	-2.904271545	-79.02443204	Residencial	27/12/1994
15555	14957	14761	5	22.99	MATRIZ	4000031729	BT Residencial para e	Pinado	000000000100	HEXING	Electronico	718816.789	-9679944.223	-2.89280189	-79.0314256	Residencial	27/10/2000
7005	6898	6802	5	21.13	MATRIZ	4000040880	BT Residencial	Pinado	000000000215	LNTRN	Electronico	719049.292	-9679684.043	-2.896251612	-79.02934773	Residencial	22/12/1999
50487	50210	49662	5	42.80	MATRIZ	4000049182	BT Residencial	Pinado	000000000000	SUNRISE	Electronico	717931.076	-9678886.304	-2.903482104	-79.03939124	Residencial	06/01/2000
12438	12438	12438	5	4.05	MATRIZ	4000005207	BT Residencial	Pinado	000000000214	HEXING	Electronico	718676.714	-9679177.441	-2.900038014	-79.03263034	Residencial	10/03/1995
87083	86598	86284	5	30.04	MATRIZ	4000003142	BT Comercial	Pinado	000000000210	SUNRISE	Electronico	715241.293	-9679632.591	-2.896713806	-79.027		

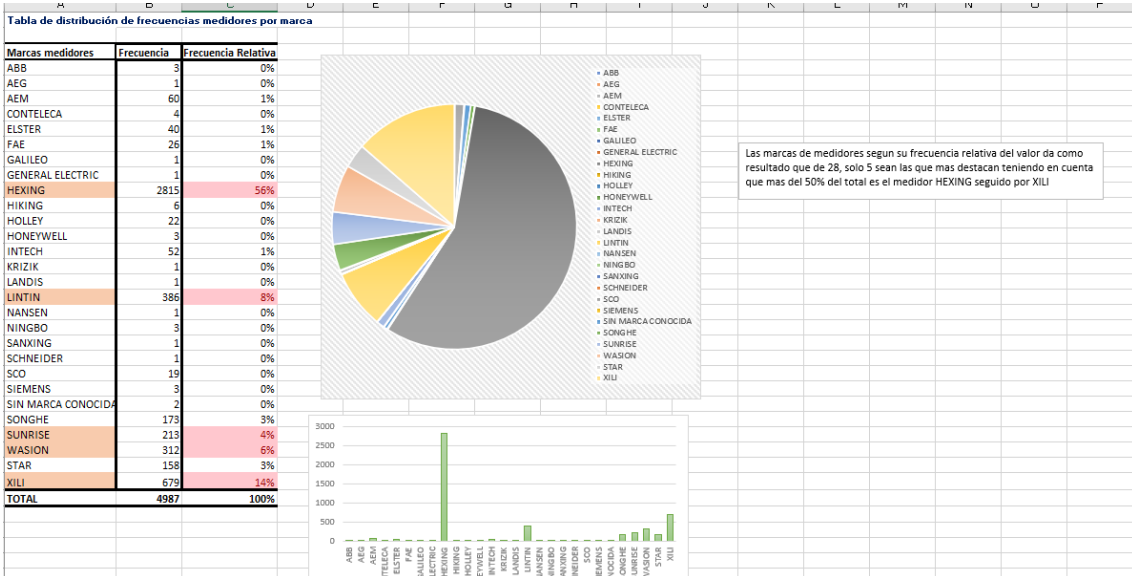
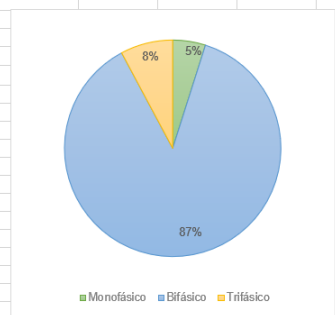
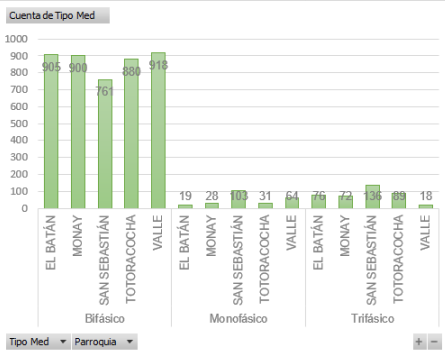


Tabla de distribución de frecuencias Tipos de medidores

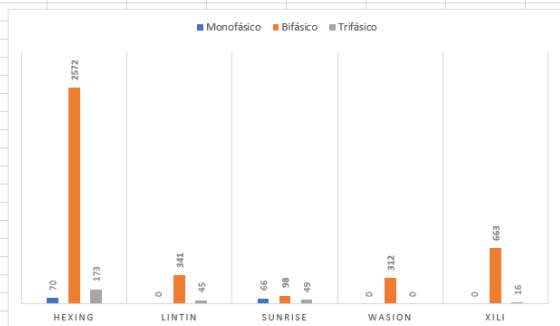
TIPO DE MEDIDOR	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Monofásico	245	5%
Bifásico	4364	87%
Trifásico	391	8%
TOTAL	5000	100%

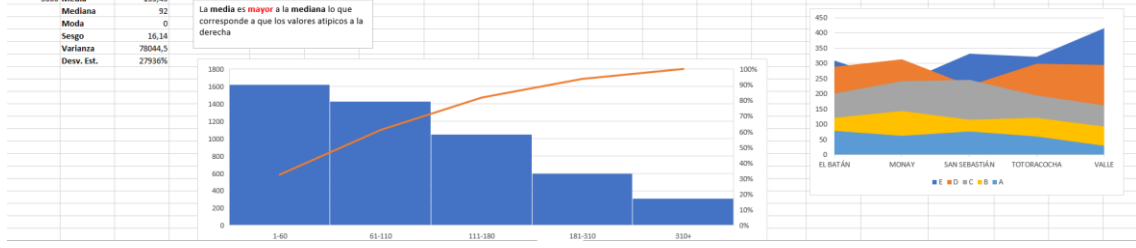
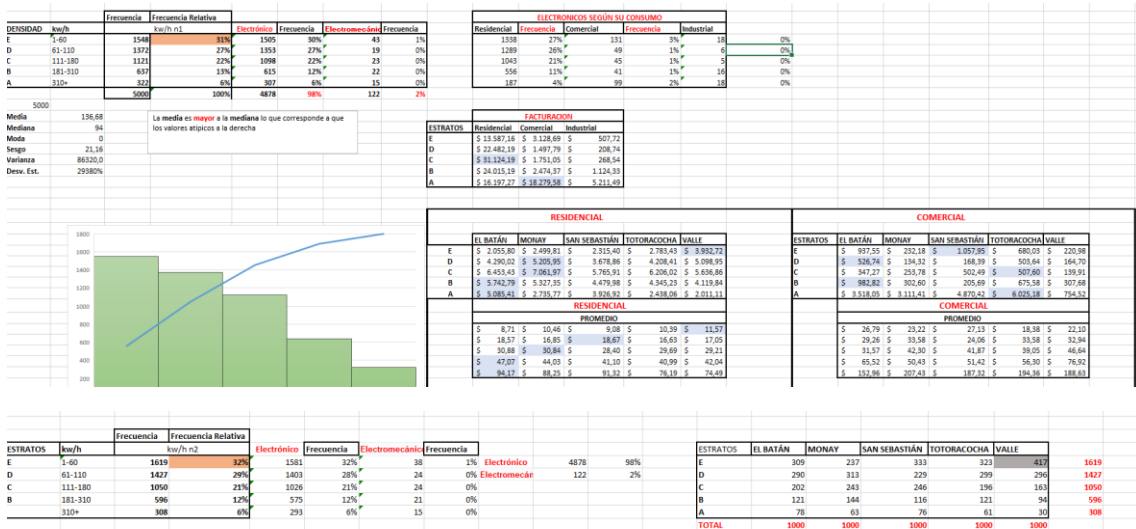
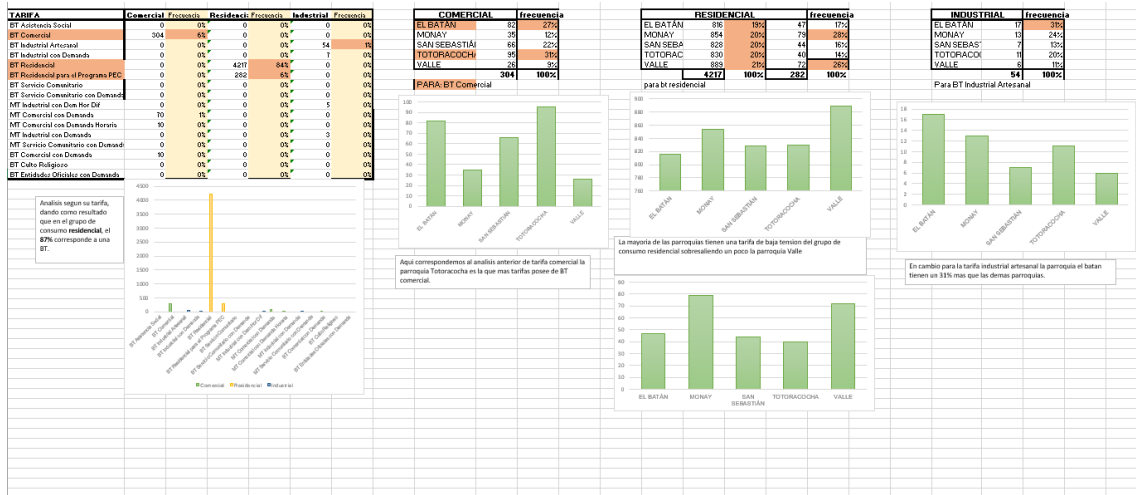
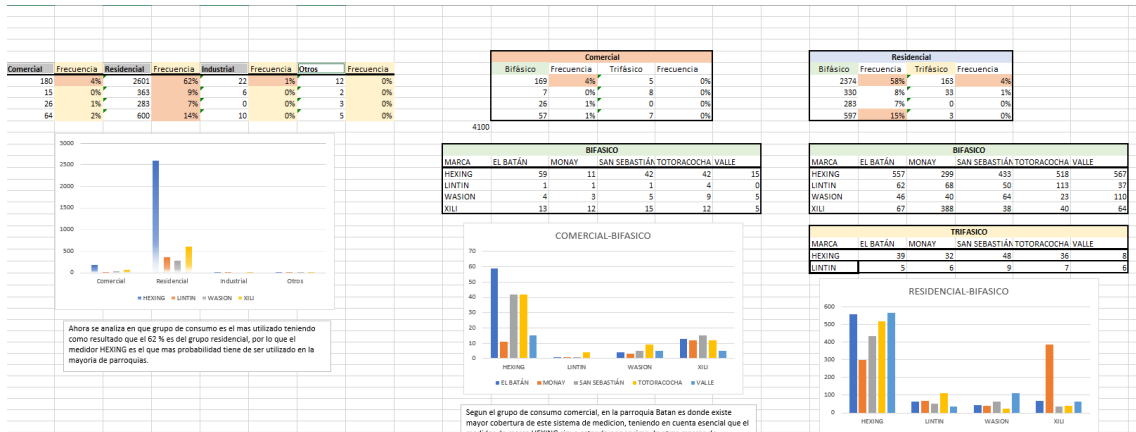
El 87 % de los tipos de medidores son de tipo bifasicos, en el caso de tipo monofasico es el que menos difiere en el analisis, para ello solo se toma en cuenta los tipos de medidores bifasicos y trifasicos.

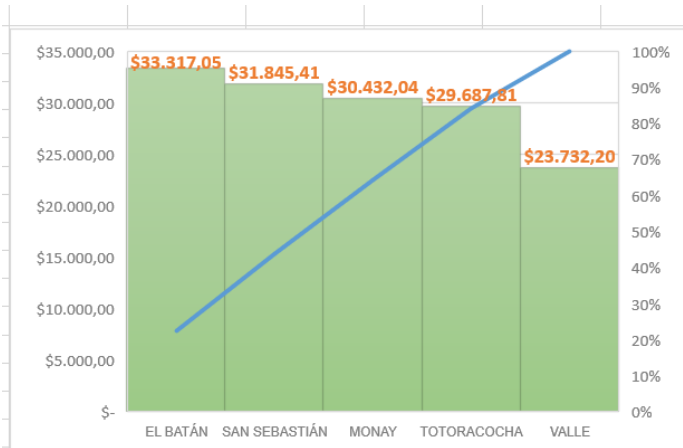


	Monofásico	FRECUENCIA	Bifásico	FRECUENCIA	Trifásico	FRECUENCIA
HEXING	70	2%	2572	58%	173	4%
LINTIN	0	0%	341	8%	45	1%
SUNRISE	66	1%	98	2%	49	1%
WASION	0	0%	312	7%	0	0%
XILI	0	0%	663	15%	16	0%
	4405	3,087%	90,488%		6,425%	

Segun el analisis de medidores, obteniendo un top 5, se analiza cuales de ellos corresponden a cada tipo sea este monofasico, bifasico o trifasico, resultando que el medidor HEXING con una frecuencia relativa del 58% es el mas utilizado en las







Segun el histograma, la parroquia Batan es la que mas paga por el consumo energetico, esto tiene su razon ya que en los analisis anteriores la parroquia tiene un alto impacto en el grupo de consumo bifasico comercial y residencial de BT

La parroquia Valle no tiene un alto impacto economico siendo que los analisis anteriores el 21% era de caracter de BT residencial en donde superaba a las otras parroquias.

```

1 import
2 summary(MedidoresData(:, {'Parroquia'}))

-Cuatro parroquias urbanas
-Una parroquia rural

Todos distribuidos de la siguiente manera:

```

En cada una de las parroquias, se tiene que realizar un analisis de datos descriptivos, resumirlos y analizar las caracteristicas de cada variable que tiene nuestra data base, con el fin de identificar tendencias, patrones y relaciones en nuestro conjuntos de datos.

La primera identificación que realizaremos será un análisis de

```

5 wordCloud(MedidoresData.Marcamedidor)
6
7 summary(MedidoresData(:, {'tipo'}))
8 pie(MedidoresData.tipo)

```

-LINTIN con una frecuencia relativa del 8%

-WASION con una frecuencia relativa del 6%

-SUNRISE con una frecuencia relativa del 4%

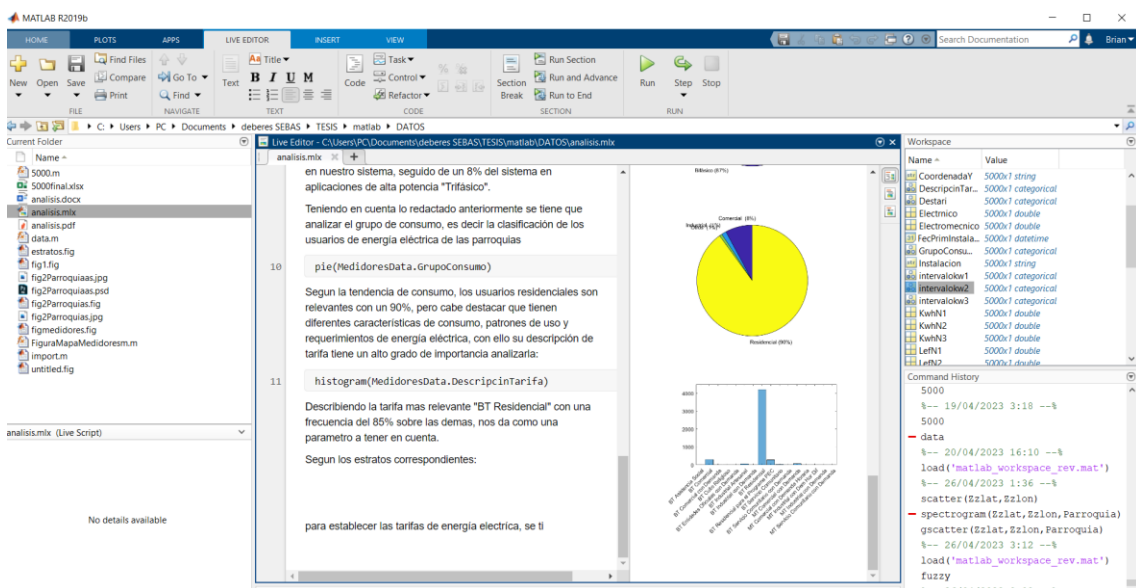
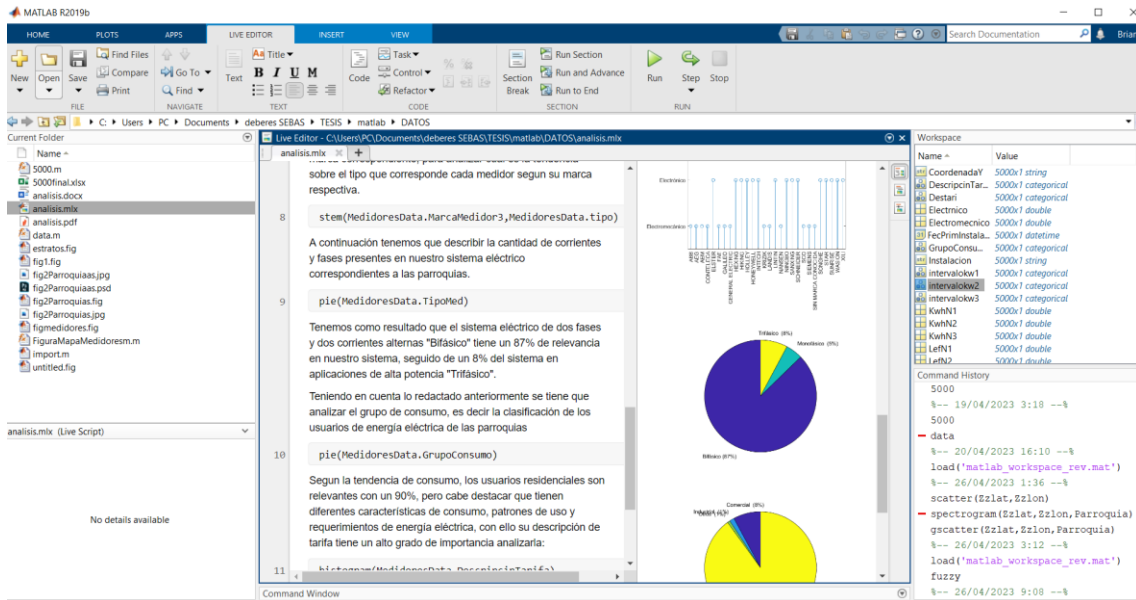
Para definirlos y relacionarlos mejor mediante el siguiente gráfico determinamos cuales son los mas relevantes.

Pero para ello tenemos tambien que hallar su frecuencia sobre al tipo de medidor que corresponde.

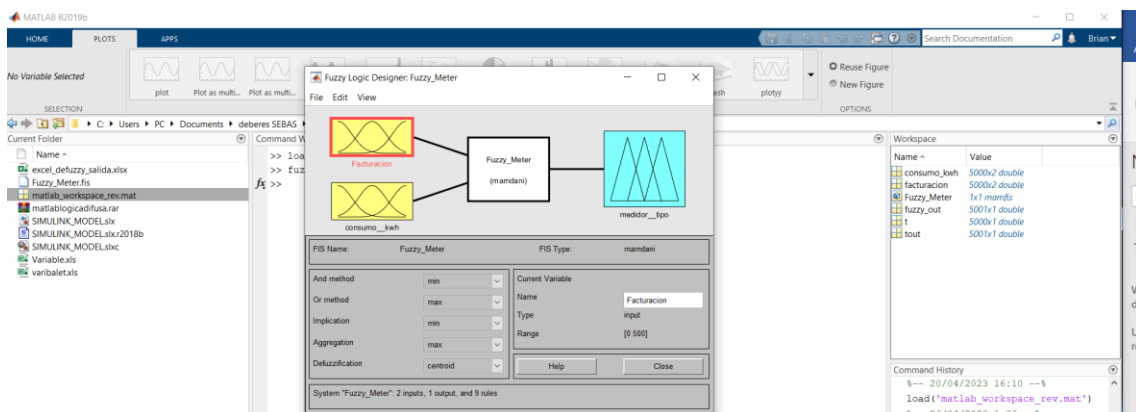
Se puede determinar que el 98% son Electronicos.

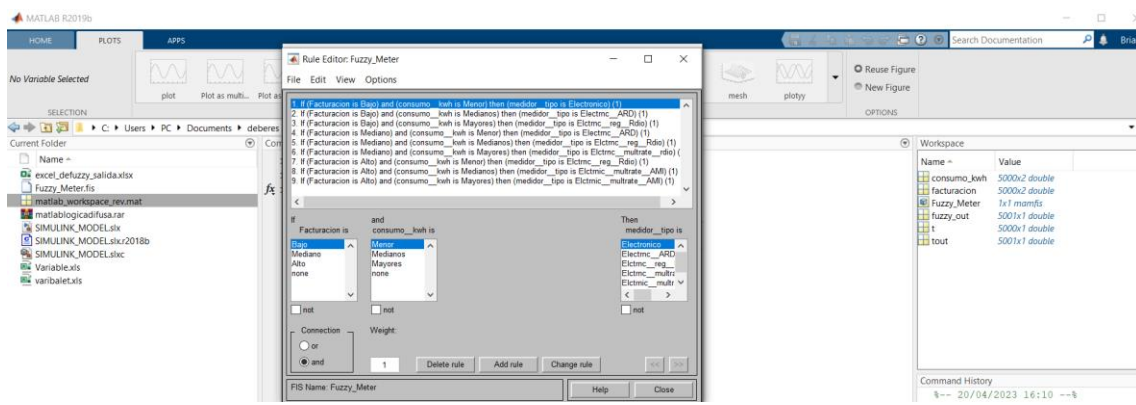
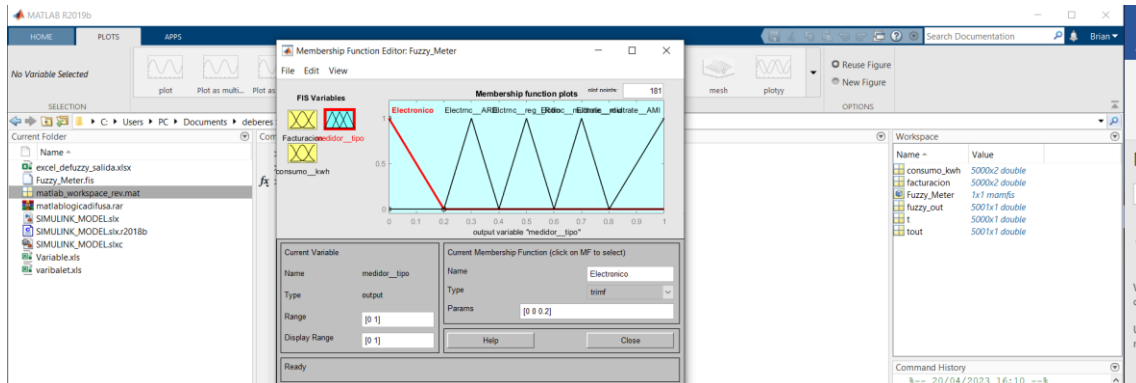
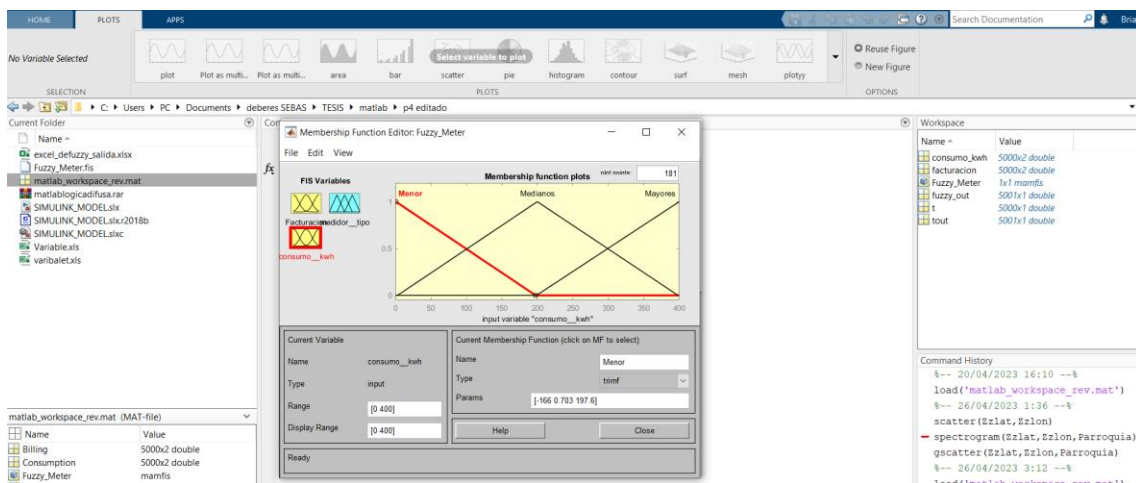
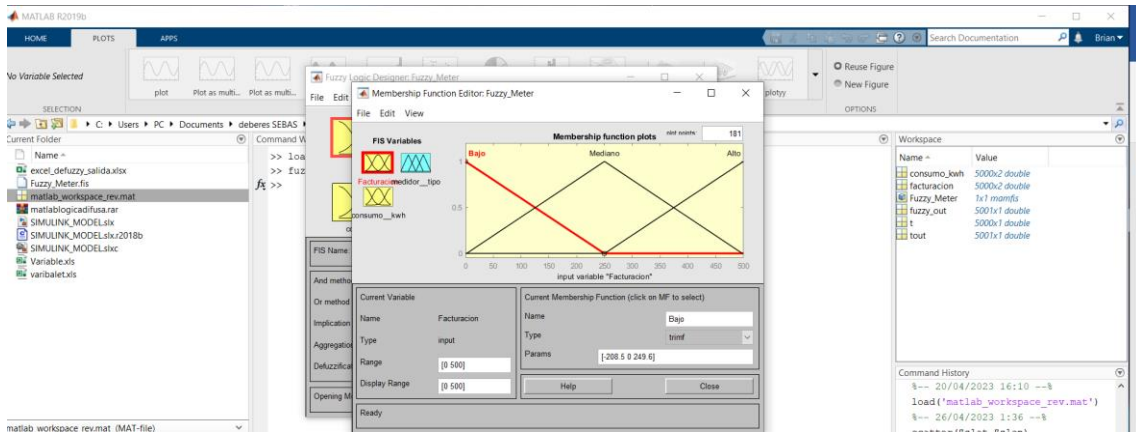
En la siguiente grafica se analiza el tipo de medidor con su marca correspondiente, para analizar cual es la tendencia sobre el tipo que corresponde cada medidor segun su marca respectiva.

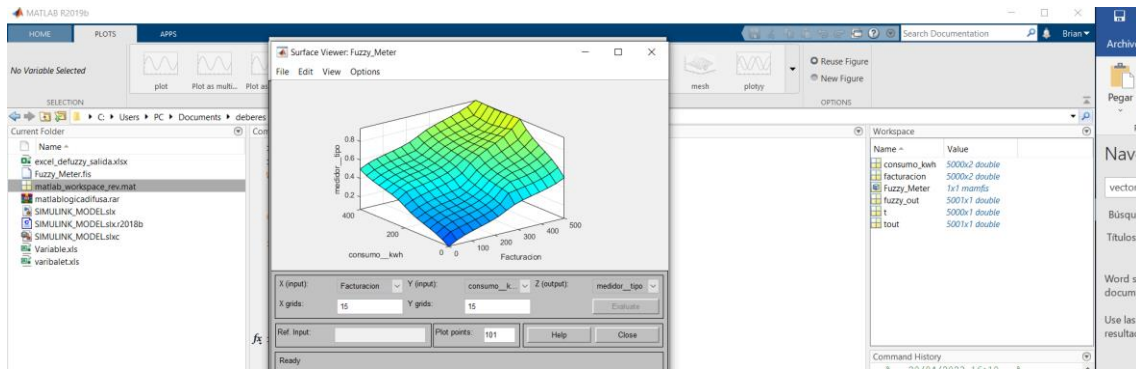
A continuación tenemos que describir la cantidad de corrientes y fases presentes en nuestro sistema eléctrico correspondientes a las parroquias.



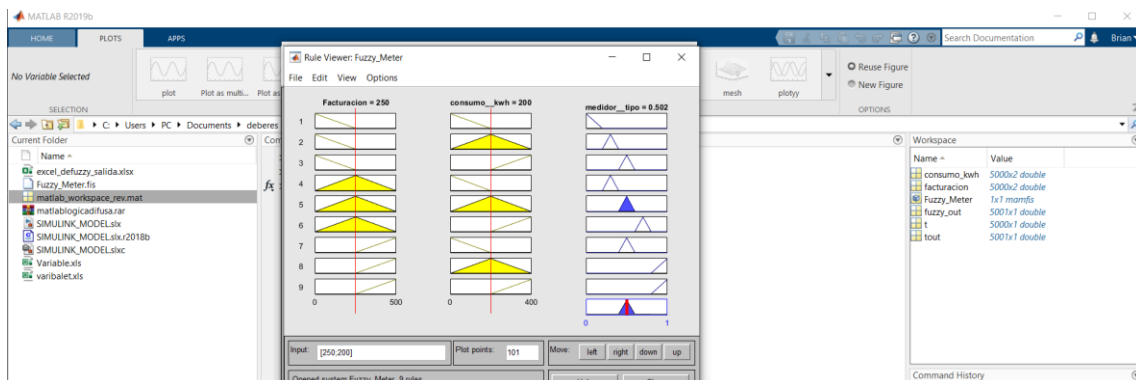
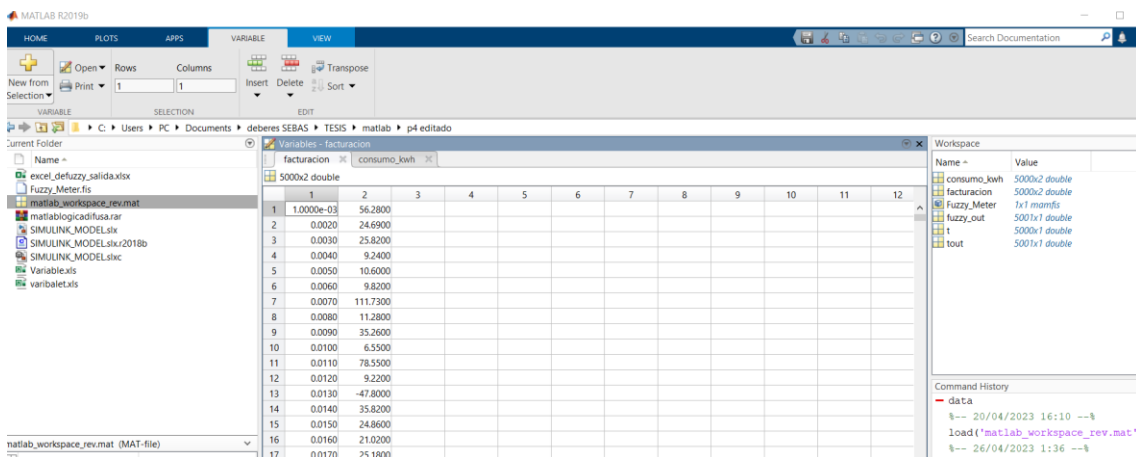
ANEXO 3. LOGICA DIFUSA EN MATLAB



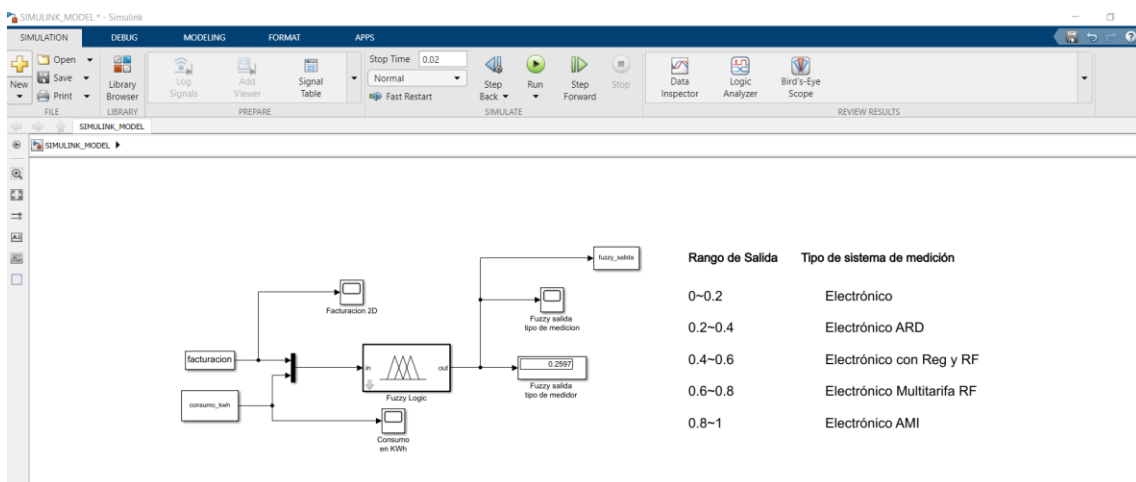


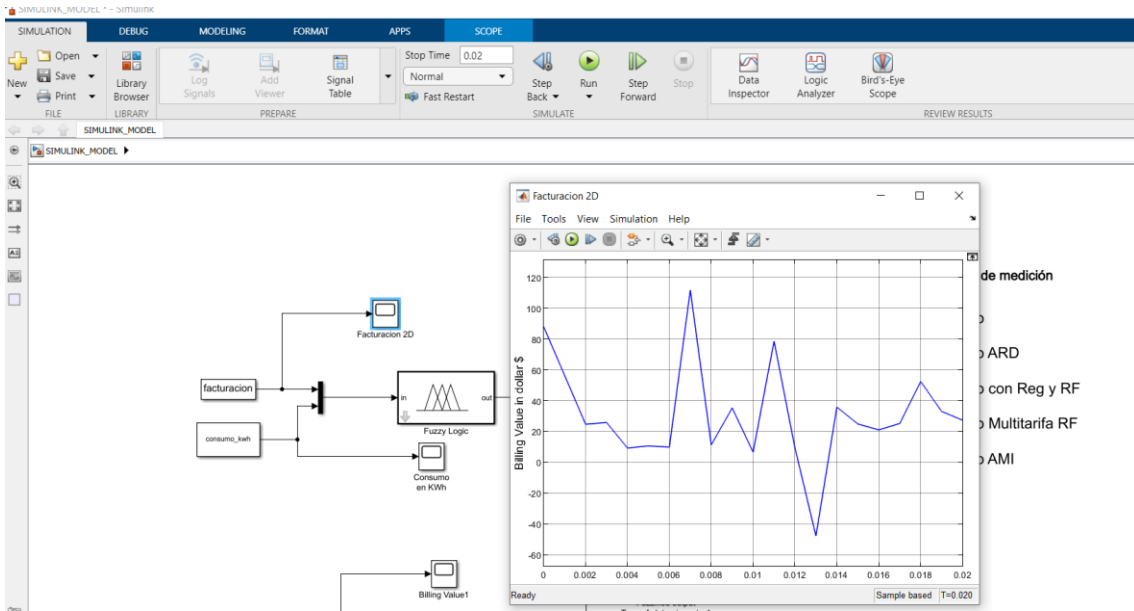


VECTOR T REGLAS DIFUSAS

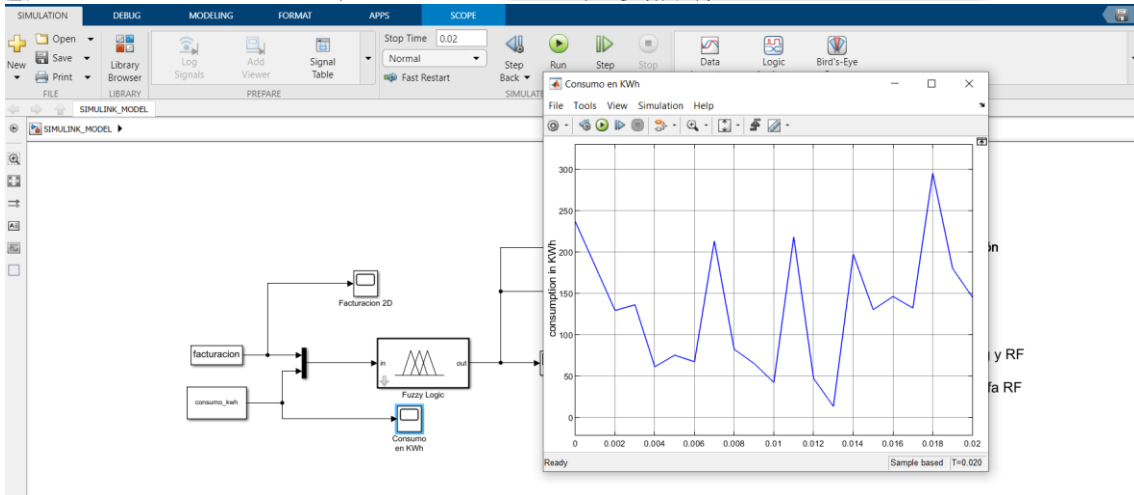


Modelo en simulink

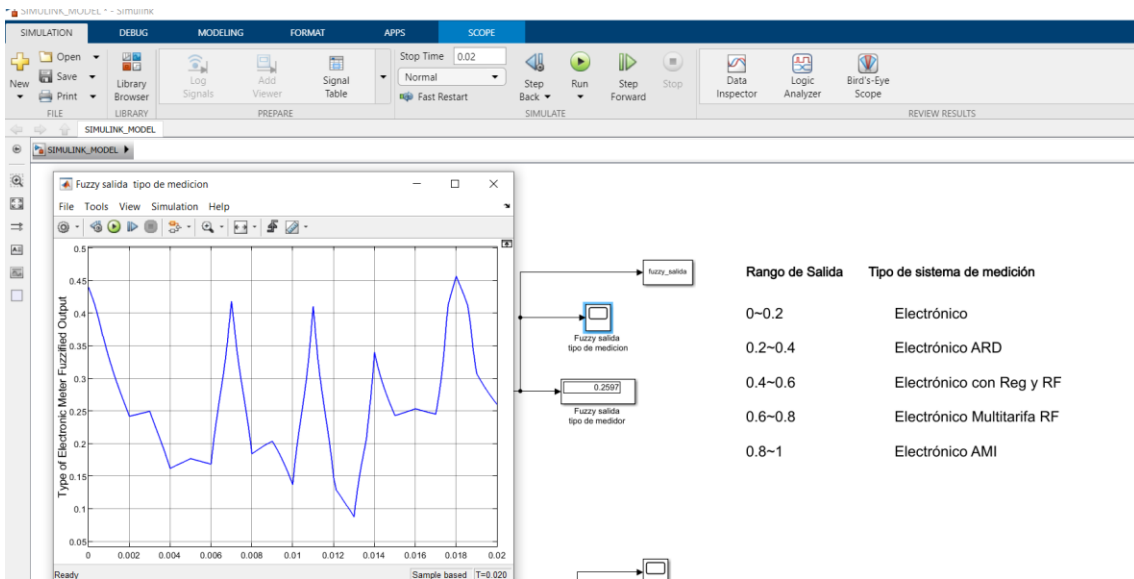




de medición
ARD
con Reg y RF
Multitarifa RF
AMI



in
y RF
fa RF



ANEXO 4. ANALISIS RESULTADOS EXCEL Y POWER BI

W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AL	AM	AN	AO	AP	
Id	Valor Fact	Agencia	Instalacion	empresario	Tiposervicio	Medicador	Area Med	tipo	Coordenada	Coordenada	Zona	Zona	Grupo Consumo	Intervento	Intervento	tipo FIDUC	Tipo Final	
1	1756	56.29	MATRIZ	400003230	BT Comercial Privado	900000000520 XLI		Electrónico	718975 089	9679041 816	-2.892059601	-79.030004990	Residencial	181-310	181-310	181-310	0.439416084	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
2	7366	24.69	MATRIZ	400019272	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	718988 027	9679518 028	-2.897739926	-79.02207234	Residencial	111-180	111-180	111-180	0.439098802	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
3	13341	25.82	MATRIZ	4000014167	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	718991 256	9678692 988	-2.90215101	-79.02075341	Residencial	111-180	111-180	111-180	0.438782764	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
4	5554	9.24	MATRIZ	400005919	BT Residencia Privado	9000000002015 LINTN		Electrónico	718937 4351	9679118 848	-2.901303611	-79.03847075	Residencial	61-110	61-110	61-110	0.438464966	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
5	7441	10.60	MATRIZ	400009339	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	719011 788	9679101 587	-2.901518952	-79.02967588	Residencial	61-110	61-110	61-110	0.438146407	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
6	6991	9.82	MATRIZ	400009345	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	719011 788	9679101 587	-2.901518952	-79.02967588	Residencial	61-110	61-110	61-110	0.437827084	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
7	2121	111.73	MATRIZ	400032636	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	719063 188	9679960 329	-2.893751492	-79.02922709	Residencial	181-310	181-310	181-310	0.437506994	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
8	8561	11.28	MATRIZ	400032197	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	719216 965	9679668 271	-2.901816093	-79.0273024	Residencial	61-110	61-110	61-110	0.437188134	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
9	13055	35.26	MATRIZ	4000092361	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	719583 243	9679273 656	-2.899953792	-79.02453958	Residencial	61-110	61-110	61-110	0.436864501	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
10	6895	6.55	MATRIZ	400010594	BT Residencia Privado	9000000002015 LINTN		Electrónico	718580 643	9678822 243	-2.904414541	-79.03354859	Residencial	1-60	1-60	1-60	0.436542093	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
11	7932	78.55	MATRIZ	4000005740	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	718452 809	9678915 353	-2.903211259	-79.03469998	Residencial	181-310	181-310	181-310	0.436218906	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
12	2263	9.22	MATRIZ	400005749	BT Residencia Privado	900000000520 XLI		Electrónico	719409 005	9679726 996	-2.895857586	-79.02811358	Residencial	1-60	1-60	1-110	0.435984939	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
13	15	47.80	MATRIZ	400005752	BT Residencia Privado	900000000520 XLI		Electrónico	719409 005	9679726 996	-2.895857586	-79.02811358	Residencial	1-60	1-60	1-60	0.435570188	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
14	284	35.82	MATRIZ	400005755	BT Residencia Privado	900000000520 XLI		Electrónico	719409 005	9679726 996	-2.895857586	-79.02811358	Residencial	181-310	181-310	111-180	0.435244465	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
15	11624	24.86	MATRIZ	400024604	BT Residencia Privado	9000000002015 LINTN		Electrónico	718441 538	9679150 651	-2.901803930	-79.03480483	Residencial	111-180	111-180	111-180	0.434919322	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
16	16914	21.02	MATRIZ	400038442	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	719313 264	9679038 117	-2.90081401	-79.0293677	Residencial	61-110	61-110	61-110	0.434594209	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
17	5418	25.18	MATRIZ	4000101773	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	718848 458	9678836 827	-2.90391347	-79.03024125	Residencial	111-180	111-180	111-180	0.434263286	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
18	24684	52.35	MATRIZ	400012319	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	719833 894	9679622 669	-2.896794179	-79.02229101	Residencial	181-310	181-310	111-180	0.433934573	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
19	2454	33.02	MATRIZ	400010118	BT Residencia Privado	900000000520 XLI		Electrónico	719314 789	9679908 308	-2.901561549	-79.02909096	Residencial	111-180	111-180	111-180	0.433605058	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
20	10523	27.21	MATRIZ	400037002	BT Residencia Privado	9000000002015 LINTN		Electrónico	719615 3028	9678796 16	-2.904271545	-79.02326224	Residencial	111-180	111-180	111-180	0.433274799	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
21	14761	22.99	MATRIZ	400031729	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	718816 788	9679944 323	-2.89350189	-79.03144266	Residencial	111-180	111-180	111-180	0.432943113	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
22	6802	21.13	MATRIZ	400040880	BT Residencia Privado	9000000002015 LINTN		Electrónico	719049 292	9679684 043	-2.896251612	-79.02834773	Residencial	61-110	61-110	61-110	0.432611677	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
23	49962	42.80	MATRIZ	400049182	BT Residencia Privado	900000000000 SUNRISE		Electrónico	719311 076	9678986 304	-2.903482104	-79.03039124	Residencial	181-310	181-310	181-310	0.432278927	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
24	12430	4.05	MATRIZ	400038047	BT Residencia Privado	9000000002014 SONGHSE		Electrónico	718676 714	9679177 441	-2.900830914	-79.02359924	Residencial	1-60	1-60	1-60	0.431943362	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
25	9826	30.04	MATRIZ	400003142	BT Comercial Privado	9000000002010 SUNRISE		Electrónico	719241 293	9679632 591	-2.896713006	-79.0276203	Comercial	111-180	111-180	111-180	0.431610978	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
26	6636	8.12	MATRIZ	400049178	BT Residencia Privado	9000000002014 SONGHSE		Electrónico	718000 955	9678894 416	-2.903407659	-79.03876295	Residencial	1-60	1-60	1-60	0.431275772	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
27	5142	13.75	MATRIZ	400004127	BT Residencia Privado	9000000001000 HEXXING		Electrónico	718813 287	9679756 676	-2.897235143	-79.03146839	Residencial	1-60	1-60	1-60	0.430999741	Electrónico ARD con Radio Frecuencia

TIPO DE MEDIDOR	Monofásico	Bifásico	Trifásico	TOTAL
Electrónico	88	1345	142	1575
Electrónico ARD	137	3641	212	4090
Electrónico ARD con Radio Frecuencia	20	178	17	215
TOTAL	245	4384	371	5000

TIPO DE MEDIDOR	Monofásico	Bifásico	Trifásico	TOTAL
Electrónico	2%	27%	3%	32%
Electrónico ARD	3%	85%	1%	89%
Electrónico ARD con Radio Frecuencia	0%	3%	0%	3%

PARRQUIAS	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	TOTAL
EL BATÁN	5	19	0	24
MONAY	16	12	0	28
SAN SEBASTIÁN	64	37	0	101
TOTORACOCHA	8	29	0	37
VALLE	0	47	0	47
TOTAL	89	115	0	204

PARRQUIAS	recurrencia Relativa	recurrencia Relativa	recurrencia Relativa	TOTAL
EL BATÁN	0%	0%	0%	0%
MONAY	0%	0%	0%	0%
SAN SEBASTIÁN	1%	20%	0%	21%
TOTORACOCHA	0%	8%	0%	8%
VALLE	0%	14%	0%	14%

CLUSTER 1	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	TOTAL
Monofásico	65	51	3	119
Bifásico	977	3549	133	4659
Trifásico	68	155	17	240

TIPO DE CONEXION	COSTO INSTALACION	COSTO MEDIDOR	COSTO TOTAL
MONOFASICO	\$ 65,00	\$ 26,00	\$ 91,00
BIFASICO	\$ 129,00	\$ 80,00	\$ 209,00
TRIFASICO	\$ 200,00	\$ 150,00	\$ 350,00

TIPO DE MEDIDOR	recurrencia Relativa	recurrencia Relativa	TOTAL
Electrónico	4878	98%	4878
Electromecánico	122	2%	122
TOTAL	5000	100%	5000

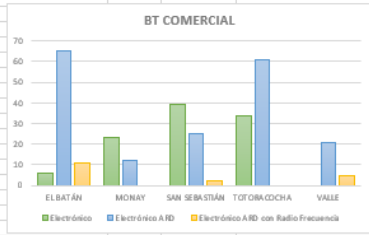
TIPO DE MEDIDOR	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	TOTAL
Electrónico	1575	32%	1575	
Electrónico ARD	3010	60%	3010	
Electrónico ARD con Radio Frecuencia	415	8%	415	
TOTAL	5000	100%	5000	

PARRQUIAS	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	TOTAL
EL BATÁN	104	790	0	894
MONAY	544	426	0	970
SAN SEBASTIÁN	536	449	0	985
TOTORACOCHA	391	609	0	1000
VALLE	0	736	0	736
TOTAL	1575	3010	415	5000

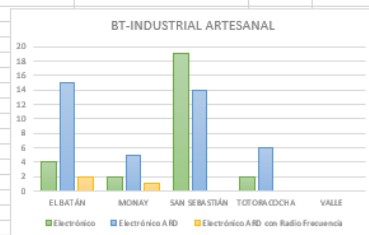
PARRQUIAS	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	TOTAL
EL BATÁN	2%	16%	0%	18%
MONAY	11%	9%	0%	20%
SAN SEBASTIÁN	11%	9%	0%	20%
TOTORACOCHA	8%	12%	0%	20%
VALLE	0%	10%	0%	10%



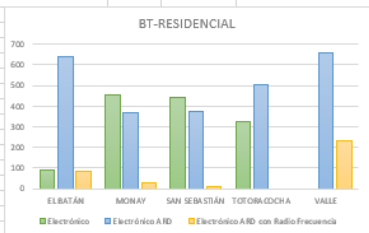
BT Comercial		Comercial		
TARIFA	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	
EL BATÁN	6	65		11
MONAY	23	12		0
SAN SEBASTIÁN	39	25		2
TOTORACOCHA	34	61		0
VALLE	0	21		5



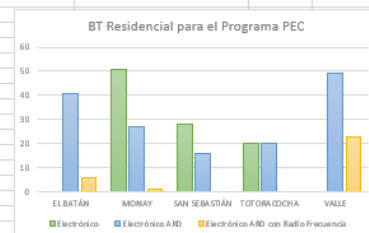
MT Comer		Comercial		
TARIFA	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	
EL BATÁN	4	15		2
MONAY	2	5		1
SAN SEBAS	19	14		0
TOTORACD	2	6		0
VALLE	0	0		0



BT Residencial		RESIDENCIAL		
TARIFA	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	
EL BATÁN	32	641		83
MONAY	457	370		27
SAN SEBASTIÁN	442	373		13
TOTORACOCHA	325	505		0
VALLE	0	655		234



BT Reside		RESIDENCIAL		
TARIFA	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia	
EL BATÁN	0	41		6
MONAY	51	27		1
SAN SEBAS	28	16		0
TOTORACD	20	20		0
VALLE	0	49		23



COSTO DE INSTALACION			
	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia
Monofásico	\$ 209,06	\$ 253,06	\$ 333,06
Bifásico	\$ 225,78	\$ 284,10	\$ 359,70
Trifásico	\$ 243,85	\$ 306,83	\$ 388,48

COSTO					
CLUSTER 1			TOTAL		
	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia		
Monofásico	\$ 13.379,84	\$ 14.468,30	\$ 999,18	\$ 28.847,32	
Bifásico	\$ 114.470,46	\$ 298.020,90	\$ 39.567,00	\$ 452.058,36	
Trifásico	\$ 16.825,65	\$ 41.422,05	\$ 3.107,84	\$ 61.355,54	
				\$ 542.261,22	
				\$ 65.071,35	\$ 607.332,57
COSTO					
CLUSTER 2			TOTAL		
	Electrónico	Electrónico ARD	Electrónico ARD con Radio Frecuencia		
Monofásico	\$ 5.017,44	\$ 21.570,92	\$ 5.662,02	\$ 32.250,38	
Bifásico	\$ 189.203,64	\$ 452.287,20	\$ 96.399,60	\$ 737.890,44	
Trifásico	\$ 17.801,05	\$ 29.762,51	\$ 3.496,32	\$ 51.059,88	
				\$ 821.200,70	
				\$ 98.544,08	\$ 919.744,78

AUTORIZACION DE PUBLICACION EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Yo, Brian Sebastián Arévalo Lozado portador de la cédula de ciudadanía N.º 0301955787. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "Proceso de consolidación urbana en las áreas de influencia inmediata del Cantón Chilla" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, Así mismo; autorizo a la Universidad para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Cuenca, 9 de mayo de 2023

F: 

Brian Sebastián Arévalo Lozado

0301955787