

**UNIVERSIDAD
HISPANOAMERICANA**

INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN
DE UNA INFRAESTRUCTURA DE
MEDICIÓN AVANZADA EN EL ÁREA
DE CONCESIÓN DEL SERVICIO
ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE
SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA
(ESPH) PARA EL PERIODO 2021-
2026.

TESIS PARA OPTAR POR EL GRADO
ACADÉMICO DE BACHILLERATO EN
INGENIERÍA INDUSTRIAL

ESTUDIANTE:
FRANCISCO GERARDO REDONDO LÓPEZ

TUTOR:
ING FREDDY MONGE CALVO, MBA

HEREDIA, MARZO 2021

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Francisco Gerardo Redondo López, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 401010105 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA (ESPH) PARA EL PERIODO 2021-2026, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte, artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de Heredia, a los 14 días del mes de febrero del año dos mil veintiuno.

FRANCISCO GERARDO
REDONDO LOPEZ (FIRMA)

Firmado digitalmente por
FRANCISCO GERARDO REDONDO
LOPEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.02.14 15:39:53 -06'00'

Firma del estudiante

Cédula 401910105

ACTA DE APROBACIÓN



Acta de Graduación

Ante el Tribunal Calificador de la Universidad Hispanoamericana, integrado por: Ing. Ana Catalina Leandro Sandi, representante dirección de carrera, Ing. Freddy Monge Calvo tutor y Ing. Jonathan Pérez Largaespada lector, se presenta al postulante Redondo López Francisco Gerardo Cédula n° 4-0191-0105 quien hace defensa pública de su trabajo final de graduación, titulado: "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA (ESPH) PARA EL PERIODO 2021- 2026", Para optar por el grado académico de Bachillerato en Ingeniería Industrial.

Una vez escuchada la exposición del postulante y habiendo procedido al periodo de preguntas por parte de los miembros del Tribunal, se procede en privado a la deliberación de rigor y se concluye que al estudiante: Redondo López Francisco Gerardo, ha aprobado su requisito de graduación con un puntaje de 94 en la escala de 0 a 100.

Firmado en la Universidad Hispanoamericana el día: martes 27 de abril del 2021.

Director(a) de Carrera:	Ana Catalina Leandro Sandi	Firmado digitalmente por Ana Catalina Leandro Sandi Fecha: 2021.04.27 09:25:45 -0500
Tutor(a):	Freddy Monge Calvo	Firmado digitalmente por Freddy Monge Calvo Fecha: 2021.04.27 09:25:45 -0500
Lector(a):	JONATHAN PÉREZ LARGAESPADA (FIRMA)	Firmado digitalmente por Jonathan Pérez Largaespada Fecha: 2021.04.27 09:25:45 -0500
Estudiante:		Firmado digitalmente por Francisco Gerardo Redondo López Fecha: 2021.04.27 09:25:45 -0500

CARTA DEL TUTOR

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 6 de Marzo del 2021

Destinatario: Dirección de Carrera de Ingeniería Industrial
Carrera: Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante **Francisco Gerardo Redondo López**, cédula de identidad número **401010105**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **Propuesta de implementación de una infraestructura de medición avanzada en el área de concesión del servicio eléctrico de la empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) para el periodo 2021- 2026**, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de **Bachiller en Ingeniería Industrial**.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
c)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	26%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	19%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	20%
	TOTAL		95%

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,



Nombre Ing. Freddy Monge Calvo. MBA
Cédula identidad N 303260154

CARTA DEL LECTOR

CARTA DEL LECTOR

Puntarenas, 12 de abril de 2021

Señores:
Carrera Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Francisco Redondo López, cédula de identidad número 401910105, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA (ESPH) PARA EL PERIODO 2021- 2026", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato

En mi calidad de Lector, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de lectura, por lo que se avala el traslado al siguiente paso.

Atentamente,

JONATHAN PEREZ
LARGAESPADA (FIRMA)

Firmado digitalmente por JONATHAN
PEREZ LARGAESPADA (FIRMA)
Fecha: 2021.04.12 11:00:29 -06'00'

Nombre Jonathan Pérez Largaespada
Cédula identidad: 205820315
Carné Colegio Profesional: NA 2871

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

Heredia, 02 de Mayo 2021

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Francisco Gerardo Redondo López con número de identificación 4-0191-0105 autor (a) del trabajo de graduación titulado PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA EN EL ÁREA DE CONCESIÓN DEL SERVICIO ELÉCTRICO DE LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA (ESPH) PARA EL PERIODO 2021- 2026 presentado y aprobado en el año 2021 como requisito para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial; Si autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

FRANCISCO
GERARDO REDONDO
LOPEZ (FIRMA)
4-0191-0105
Firma y Documento de Identidad

Firmado digitalmente por
FRANCISCO GERARDO
REDONDO LOPEZ (FIRMA)
Fecha: 2021.05.02 10:55:53
-06'00'

DEDICATORIA

Dedicado a mi esposa Laura Vega Chaves, el motor de mi vida, quien, con su dedicación, me ha ayudado a alcanzar cada uno de mis sueños. La misma persona que cuya guía, confianza, amor y aliento motiva cada uno de mis pasos hacia adelante.

A mis padres José Francisco Redondo y Betty López por el amor incondicional, sacrificio y el apoyo constante a través de mis años, y a mis suegros, mis segundos papás, Rafael Vega y Luz Marina Chaves, quienes con todo cariño me han ayudado a salir adelante, brindando soporte y cariño en esos momentos importantes.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco especialmente a José Rodolfo Rodríguez, quien me mostro el camino para esta investigación, la cual, sin sus ideas, conocimientos y paciencia, no hubiera sido posible realizar.

A Marco Salazar Blanco, por hacerme parte de un proyecto tan importante como el AMI, y permitirme desarrollarme como profesional con su guía y apoyo.

Agradezco a mi tutor por mostrarme el camino a seguir para lograr el objetivo a alcanzar y que sin él no hubiera sido posible.

EPÍGRAFE

“Lo que no se puede medir no se puede controlar; lo que no se puede controlar no se puede gestionar; lo que no se puede gestionar no se puede mejorar.”

Peter Drucker

INDICE

DECLARACIÓN JURADA	I
ACTA DE APROBACIÓN	II
CARTA DEL TUTOR.....	III
CARTA DEL LECTOR	IV
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN.....	V
DEDICATORIA.....	VI
AGRADECIMIENTOS	VII
EPÍGRAFE.....	VIII
ACRÓNIMOS Y SIGLAS	13
RESUMEN EJECUTIVO.....	14
CAPITULO I:	15
INTRODUCCIÓN	15
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	16
1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA	16
1.2.1 Empresa de Servicios Públicos de Heredia.....	16
1.2.2 Historia de Fundación de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia	17
1.2.3 Misión	19
1.2.4 Visión	19
1.2.5 Valores.....	19
1.2.6 Metas	20

1.2.7 Área de cobertura	21
1.2.8 Organigrama Empresarial.....	23
1.2.9 Laboratorio de Medidores	24
1.3 Planteamiento del problema	27
1.3.1 Justificación	29
1.4 Objetivos.....	30
1.4.1 Objetivo General.....	30
1.4.2 Objetivos Específicos.....	30
1.5 Alcances y limitaciones.....	31
1.5.1 Alcances	31
1.5.2 Limitaciones.....	32
CAPITULO II:	33
MARCO TEÓRICO	33
2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA.....	34
2.1.1 Ingeniería Industrial.....	34
2.1.2 Administración industrial.....	34
2.1.3 Planificación industrial.....	35
2.1.4 Diseño	35
2.1.5 Gestión.....	35
2.1.6 Control.....	36
2.1.7 Medición.....	36
2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTION DEL PROYECTO:	37

2.2.1 Six Sigma.....	37
2.2.2 DMADV.....	37
2.2.3 Fases de DMAVD	38
2.2.3.1 Definir	39
2.2.3.1.1 Entrevista semiestructurada	40
2.2.3.1.2 Multivoto	40
2.2.3.1.3 Diagrama Causa – Efecto.....	41
2.2.3.2 Medir.....	41
2.2.3.2.1 Diagrama de flujo.	41
2.2.3.3 Analizar.....	42
2.2.3.3.1 Tablas de datos o históricos empresariales.....	42
2.2.3.3.2 Análisis de costos.....	43
2.2.3.3.3 Diagrama de Pareto	43
2.2.3.4 Diseñar	43
2.2.3.4.1 Estratificación	44
2.2.3.4.2 Distric Metered Area (DMA).....	44
2.2.3.4.3 Heatmap o Mapa de calor	45
2.2.3.4.4 Clustering	46
2.2.3.5 Verificar.....	47
2.3 EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO	47
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES.....	48

2.5 ANTECEDENTES.....	51
CAPITULO III:	54
MARCO METODOLÓGICO	54
3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	55
3.1.1 Entrevista semiestructurada.....	55
3.1.2 Multivoto.....	55
3.1.3 Diagrama Causa – Efecto	56
3.1.4 Diagrama de flujo.	56
3.1.5 Tablas de datos o históricos empresariales	57
3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO	57
3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRACTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO	58
3.3.1 Análisis de costos	59
3.3.2 Gráficos.....	59
3.3.3 Diagrama de Pareto	59
3.3.4 Estratificación	60
3.3.5 Distric Metered Area (DMA)	60
3.3.6 Heatmap o Mapa de calor	61
3.3.7 Clustering.....	61
3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO	

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.	63
CAPITULO IV:	65
LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	65
4.1 DESCRIPCION DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	66
4.2 RECAUDACIÓN POR LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO ELECTRICO	67
4.2.1 Diagrama Causa - Efecto.....	68
4.2.2 El medidor eléctrico.....	70
4.2.3 Tarifas eléctricas	71
4.3 EL PROCESO DE FACTURACIÓN EN LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA	75
4.3.1 El proceso de Lectura	75
4.3.2 Ciclos y rutas.....	78
4.3.3 El departamento de Lectura	87
4.3.4 El departamento de Facturación	89
4.3.5 El departamento de Gestión Cobranzas	93
4.4 APLICACIÓN DE ENTREVISTA.....	100
4.4.1 Análisis e interpretación de los datos obtenidos.	101
4.4.1.1 Multivotación.	101
4.4.1.2 Eficiencia y eficacia del método actual de recaudación que utiliza la ESPH.....	103
4.4.1.3 Practicidad del proceso de recaudación para la ESPH..	105

4.4.1.4	Percepción sobre la creación de una nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH.....	107
4.4.1.5	Percepción sobre la simplificación del proceso de recaudación mediante una nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH.....	108
4.4.1.6	Percepción sobre el conocimiento que tiene la ESPH sobre sus clientes con menor consumo eléctrico (kWh) mensual.	110
4.4.1.7	Importancia para la empresa de llegar a conocer a clientes de menor consumo.....	112
4.4.1.8	Necesidad de modernizar los sistemas de Medición de la red eléctrica en la ESPH	113
4.4.1.9	Impacto de implementar de una infraestructura de medición avanzada en la ESPH, en ámbitos financieros, humanos y operativos	114
4.4.1.9.1	Impacto ámbito financiero.....	115
4.4.1.9.2	Impacto ámbito humano	115
4.4.1.9.3	Impacto ámbito operativo.....	116
4.4.1.10	Retos de la ESPH al implementar AMI	116
4.4.1.11	Camino a seguir por la ESPH, una vez implementado el AMI	118
4.4.1.12	El futuro de la ESPH, luego de implementar el AMI.....	119
CAPÍTULO V	120
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	120
5.1	DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO.....	121
5.2	LA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA	121

5.3 NUEVA SECTORIZACIÓN.....	127
5.3.1 Propuesta de sectorización.....	129
5.4 ESTRATIFICACIÓN DE LOS CLIENTES.....	132
5.4.1 Estratos.....	133
5.5 ANÁLISIS POR MAPAS DE CALOR Y CLÚSTER.....	136
5.6 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA DE MEDICIÓN.....	140
5.6.1 Mapas implementación proyecto AMI.....	141
CAPÍTULO VI	147
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	147
6.1 CONCLUSIONES.....	148
6.2 RECOMEDACIONES.....	149
BIBLIOGRAFÍA	151
ANEXOS.....	154
ANEXO 1 ENTREVISTA APLICADA	155
ANEXO 2 NUEVA SECTORIZACIÓN	158
ANEXO N°3 MAPAS DE CALOR Y CLÚSTER.....	177

INDICE DE IMÁGENES

Figura N° 1 Presidente Daniel Oduber y el Pbro. Benjamín Núñez en el acuerdo que daría nacimiento a la ESPH	18
Figura N° 2 Empresas distribuidoras de energía eléctrica en Costa Rica	21
Figura N° 3 Área de cobertura del servicio de Energía Eléctrica de la ESPH	22
Figura N° 4 Organigrama Empresarial de la ESPH.....	23
Figura N° 5 Organigrama departamento Laboratorio de Medidores de la ESPH	25
Figura N° 6 Mesa de Calibración, Laboratorio de Medidores. Empresa de Servicios Públicos de Heredia.....	26
Figura N° 7 SmartGrid y sus elementos.....	27
Figura N° 8 Fases DMADV	39
Figura N° 9 Sectorización por DMA	45
Figura N° 10 Visualización de análisis en un mapa de calor.....	46
Figura N° 11 Visualización de análisis en sistema clúster.	47
Figura N° 12 Países con mayores iniciativas AMI.....	49
Figura N° 13 Instalación de Medidores Inteligentes.....	50
Figura N° 14 Diagrama Causa – Efecto	69
Figura N° 15 Cronograma de lectura, año 2020	77
Figura N° 16 Ciclos ESPH	79
Figura N° 17 Ciclo 1	80
Figura N° 18 Rutas Ciclo 13.....	81
Figura N° 19 Rutas Ciclo 8.....	82
Figura N° 20 Rutas Ciclo 3.....	83

Figura N° 21	Ciclo 11	84
Figura N° 22	Diagrama de flujo, proceso Lectura y Facturación	92
Figura N° 23	Matriz de resultados aplicación de multivoto.....	102
Figura N° 24	Ecosistema AMI	123
Figura N° 25	Propuesta de sectorización área de cobertura ESPH.....	131
Figura N° 26	Heatmap estrato Alto y Medio-Alto.....	137
Figura N° 27	Análisis Clúster estrato Alto y Medio-Alto.	138
Figura N° 28	Heatmap sector San Rafael Urbano.	139
Figura N° 29	Análisis Clúster sector San Rafael Urbano.	139
Figura N° 30	Inversiones avaladas ARESEP	140
Figura N° 31	Mapa implementación proyecto AMI, San Rafael Urbano 2021-2022.....	142
Figura N° 32	Mapa implementación proyecto AMI, Ciudad Heredia 2021- 2022.	143
Figura N° 33	Mapa implementación proyecto AMI, San Pablo 2021-2022.	143
Figura N° 34	Mapa implementación proyecto AMI, San Isidro Urbano 2021- 2022.	144
Figura N° 35	Mapa implementación proyecto AMI, Mercedes Norte 2021- 2022.	144
Figura N° 36	Diagrama de Gantt anual para la ejecución del proyecto.	146

INDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Tarifas residencial, comercial, industrial y preferencial ESPH	73
Tabla N° 2 Distribución de medidores según tarifa residencial, comercial, industrial y preferencial ESPH.....	74
Tabla N° 3 Cantidad de rutas y medidores de energía por ciclo	76
Tabla N° 4 Resumen de ingresos y rutas por ciclo.....	85
Tabla N° 5 Resumen de ingresos y rutas por ciclo.....	86
Tabla N° 6 Costo Planillas departamento de Lectura	89
Tabla N° 7 Costo Planillas departamento de Facturación.	91
Tabla N° 8 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH.	95
Tabla N° 9 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Año 2017.....	95
Tabla N° 10 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Año 2018.....	96
Tabla N° 11 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Año 2019.....	96
Tabla N° 12 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Octubre 2020.....	97
Tabla N° 13 Recuperación por órdenes de reconexión para la ESPH. Año 2017 a octubre 2020	97
Tabla N° 14 Costo por uso de dispositivos de seguridad para el medidor. Año 2017 a octubre 2020.....	98
Tabla N° 15 Costo en planilla del departamento Gestión Cobranza.....	99
Tabla N° 16 Costo en planilla del proceso de recaudación de la ESPH...	99
Tabla N° 17 Escala de Likert para el proceso de multivotación.....	102

Tabla N° 18 Casos de uso para la mejora de la prestación del servicio .	124
Tabla N° 19 Casos de uso para la mejora del proceso de facturación ...	125
Tabla N° 20 Casos de uso para la mejora del proceso de facturación ...	126
Tabla N° 21 Estratificación clientes ESPH	133
Tabla N° 22 Ingresos por servicio eléctrico según estrato.....	134
Tabla N° 23 Cantidad de medidores e inversión en dólares para cada estrato	135
Tabla N° 24 Clasificación ABC de la sectorización ESPH para estratos Alto – Medio Alto	135
Tabla N° 25 Costos anuales implementación proyecto AMI ESPH	141

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Percepción de la eficiencia y la eficacia del método de recaudación de la ESPH	104
Gráfico N° 2 Percepción de la practicidad del proceso de recaudación de la ESPH.	106
Gráfico N° 3 Percepción nueva sectorización para los clientes de la ESPH.	107
Gráfico N° 4 Percepción sobre la simplificación del proceso de recaudación mediante nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH	109
Gráfico N° 5 Percepción sobre el desconocimiento que tiene la ESPH sobre sus clientes con menor consumo eléctrico (kWh) mensual.....	111
Gráfico N° 6 Importancia para la empresa de llegar a conocer a clientes de menor consumo eléctrico mensual en kWh mensuales.	112
Gráfico N° 7 Importancia para la empresa modernizar los sistemas de medición.....	113
Gráfico N° 8 Principales retos para la implementación del AMI en la ESPH	117
Gráfico N° 9 Diagrama Pareto, ingresos por estrato.....	134

ACRÓNIMOS Y SIGLAS

- AMI: Advanced Metering Infrastructure.
- ARESEP: Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos
- AXIS: Sistema comercial utilizado en la ESPH.
- CCL: Controles de calidad de lectura.
- DFSS: Design for Six Sigma (Diseñado para Six Sigma)
- DMA: Distric Metered Area (Medición de Área Distrital)
- DMADV: Define, Measure, Analyze, Design, Verify (Definir, Medir, Analizar, Diseñar y Verificar).
- EEYAP: Energía Eléctrica y Alumbrado Público.
- ELEPCO SA: Empresa Eléctrica Provincial Cotopaxi, Ecuador
- Endpoint: Dispositivo informático remoto que se comunica con una red a la que está conectado.
- ENEL: Ente Nazionale per l'energia Elettrica.
- ESPH: Empresa de Servicios Públicos de Heredia.
- Geoespacial: se refiere a la recolección, afinamiento, procesamiento y visualización de datos, historias, dimensiones y sinergias urbanas con un enfoque geográfico y espacial.
- Handheld: Dispositivo o computadora de mano.
- ICE: Instituto Costarricense de Electricidad.
- IEC: International Electrotechnical Commission.
- ISO: International Organization for Standardization.
- IWR: Radio de comunicación RF Landis&Gyr utilizado para la automatización de la distribución y sistemas de control.
- JASEMH: Junta Administradora del Servicio Eléctrico de Heredia.
- kWh: Unidad de medida que expresa la relación entre potencia y tiempo.
- Socioeconómico: aquello vinculado a elementos sociales y económicos.

RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto de investigación pretende establecer una nueva forma de ver a la Empresa de Servicios Públicos de Heredia y marcar el rumbo que debe seguir para adecuarse a los nuevos retos que surgen al construir una red avanzada de medición.

La implementación de una Infraestructura de Medición Avanzada significa reconsiderar y readecuar completamente la forma en que la ESPH ha realizado varios de sus procesos más importantes, como la lectura, la facturación y la recaudación.

La manera tradicional de facturar se vuelve obsoleta al instalar equipos con capacidades de comunicación en tiempo real, y la información de los clientes se vuelve vital para generar estrategias de negocios y mejoras en la gestión, buscando reducir los índices de pérdidas eléctricas.

Este estudio plantea una nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH, que permite desarrollar análisis más adecuados de sus clientes, eliminando el sistema actual de ciclos y rutas, para dar paso a un ordenamiento espacial más sistemático, y de esta forma alcanzar la modernización de la red eléctrica de la ESPH para el año 2026.

CAPITULO I:
INTRODUCCIÓN

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

Las tecnologías de información y comunicación son cada día más relevantes y por ello el mercado eléctrico no puede desligarse de esta era de transformación digital. La información que brindan los nuevos dispositivos inteligentes debe ser manejada de una manera eficiente, con el fin de lograr su máximo potencial, y así poder generar análisis adecuados en la búsqueda de tomar decisiones basados en datos y no en predicciones.

Este proyecto busca crear un plan de implementación para la Infraestructura de Medición Avanzada en la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, concibiendo una nueva metodología de distribución para el área de concesión del servicio eléctrico de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, dejando atrás los sistemas obsoletos de ciclos y rutas para el proceso de lectura y facturación, dando así paso a una manera más ágil y eficiente de recaudar el dinero proveniente del proceso de la facturación eléctrica y de canalizar los datos provenientes de los medidores eléctricos inteligentes.

1.2 IDENTIFICACIÓN DE LA EMPRESA

1.2.1 Empresa de Servicios Públicos de Heredia

El siguiente proyecto de investigación se desarrolla en la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), específicamente en el departamento Laboratorio de Medidores, perteneciente al Negocio de Energía Eléctrica y Alumbrado Público (EEYAP).

1.2.2 Historia de Fundación de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia

Las empresas de servicios públicos nacieron por la necesidad de los gobiernos de garantizar a la población un mínimo de aquellos elementos, bienes y servicios que la población necesita para tener una calidad de vida aceptable.

Ubicada en la provincia de Heredia, y con el fin de asegurar la prestación del servicio eléctrico y el mantenimiento de la planta hidroeléctrica La Joya, construida en 1915, nació gracias al esfuerzo de los ciudadanos la Junta Administradora del Servicio Eléctrico de Heredia (JASEMH), el 25 de octubre de 1949.

En los años siguientes, producto de incansables protestas a causa del traspaso del acueducto provincial al Servicio Nacional de Acueductos y Alcantarillado (SNAA) en el año 1974, que despertaron los temores de la pérdida de la autonomía y la identidad del pueblo Herediano, se decretó que la Municipalidad de Heredia traspasara la administración a la JASEMH. Este acuerdo entre el SNAA, la Municipalidad de Heredia y la JASEMH llevo a la fundación de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, hoy ESPH, el 8 de marzo de 1976. (Empresa de Servicios Públicos de Heredia, 2020)

Figura N° 1 Presidente Daniel Oduber y el Pbro. Benjamín Núñez en el acuerdo que daría nacimiento a la ESPH



Fuente: Datos tomados de Información Corporativa, sitio web ESPH

Para el año 1996 la ESPH añadió al cantón de San Rafael, y dos años después al cantón de San Isidro con el fin de suministrar y administrar los servicios de electricidad y agua potable, transformando a la ESPH en una Sociedad Anónima. Este proceso jurídico permitió a la ESPH ser una empresa más ágil, concediendo las bondades de las empresas privadas al momento de realizar compras y mejoras, pero cumpliendo con todas las normativas de una empresa del estado.

Hoy en día la ESPH brinda los servicios de Agua Potable, instalación de Hidrantes, Aguas Residuales, Saneamiento Ambiental, Telecomunicaciones y Energía Eléctrica, así mismo la ESPH contribuye con el ambiente mediante un cargo a la tarifa de 380 colones mensuales por concepto de tarifa hídrica, que aportan sus clientes por metro cúbico consumido, siendo Costa Rica el primer país latinoamericano que cuenta con una comunidad que paga por cuidar el agua.

1.2.3 Misión

Dentro del plan estratégico 2015-2024, y bajo el lema “Desarrollo inteligente para su bienestar”, se delimita la ruta a seguir de la ESPH para alcanzar las metas propuestas, se define la misión como: (Empresa de Servicios Públicos de Heredia, 2020):

“Somos una empresa que brinda servicios de calidad en el sector de agua, energía, saneamiento, infocomunicaciones y otros, que aporta valor y desarrollo a la sociedad mediante la mejora continua de su gestión”.

1.2.4 Visión

“Ser una empresa competitiva a nivel nacional por los servicios que brinda”.

1.2.5 Valores

Los valores de una institución corresponden al conjunto de principios y creencias que rigen la gestión de la organización (Empresa de Servicios Públicos de Heredia, 2020):

- Responsabilidad.
- Compromiso.
- Trabajo en Equipo.
- Mejoramiento Continuo.
- Servicio al Cliente.

A su vez, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, cuenta con un sistema de Gestión Integrado, cuya finalidad se encuentra dentro de los estatutos de la empresa, y la definen como (Empresa de Servicios Públicos de Heredia, 2020):

“Estamos comprometidos a la satisfacción de nuestros clientes y otras partes interesadas, mediante el cumplimiento de los requisitos legales aplicables y el mejoramiento continuo en nuestros servicios de Energía Eléctrica, Alumbrado Público, Agua Potable, Hidrantes, Alcantarillado Sanitario y Telecomunicaciones”.

1.2.6 Metas

En su plan estratégico 2015-2024 se ha planteado como metas de la organización:

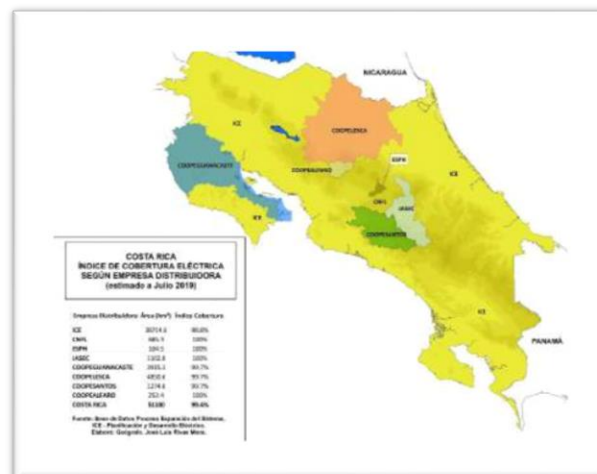
- Lograr la satisfacción de los clientes asegurando el cumplimiento de los requisitos y especificaciones de los servicios.
- Contribuir al desarrollo sostenible garantizando una conducta socialmente responsable y mejorando permanentemente la eficacia del Sistema de Gestión Integrado.
- Prevenir lesiones y enfermedades del equipo de trabajo y otras partes interesadas, promoviendo la salud y seguridad ocupacional.
- Mejorar el desempeño ambiental reduciendo los impactos ambientales generados en todas las actividades, a través del uso racional de los recursos naturales, gestión de los residuos, reducción y compensación de las emisiones de gases de efecto invernadero.

1.2.7 Área de cobertura

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia brinda el servicio de distribución de energía eléctrica junto a otras 7 empresas distribuidoras:

- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE).
- Compañía Nacional de Fuerza y Luz (CNFL).
- Junta Administrativa del Servicio Eléctrico Municipal de Cartago (JASEC).
- Cooperativa de Electrificación Rural de Guanacaste (Coopeguanacaste R.L).
- Cooperativa de Electrificación Rural de la Zona Norte (COOPELESCA R.L.).
- Cooperativa de Electrificación Rural Los Santos (Coopesantos R.L.).
- Cooperativa de Electrificación Rural de Alfaro Ruiz (Coopealfaroruz R.L.).

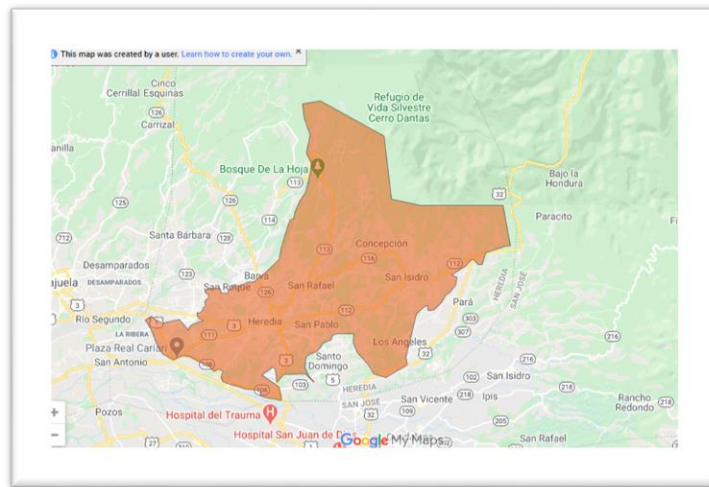
Figura N° 2 Empresas distribuidoras de energía eléctrica en Costa Rica



Fuente: Datos tomados de Índice de Cobertura Eléctrica según empresa distribuidora.

Con respecto a la ESPH, brinda el servicio de energía eléctrica en 6 de los 10 cantones de la provincia de Heredia: Heredia, Barva, San Rafael, San Isidro, San Pablo y Flores, con un área de concesión cercana a los 106 km², y un aproximado de 90000 clientes.

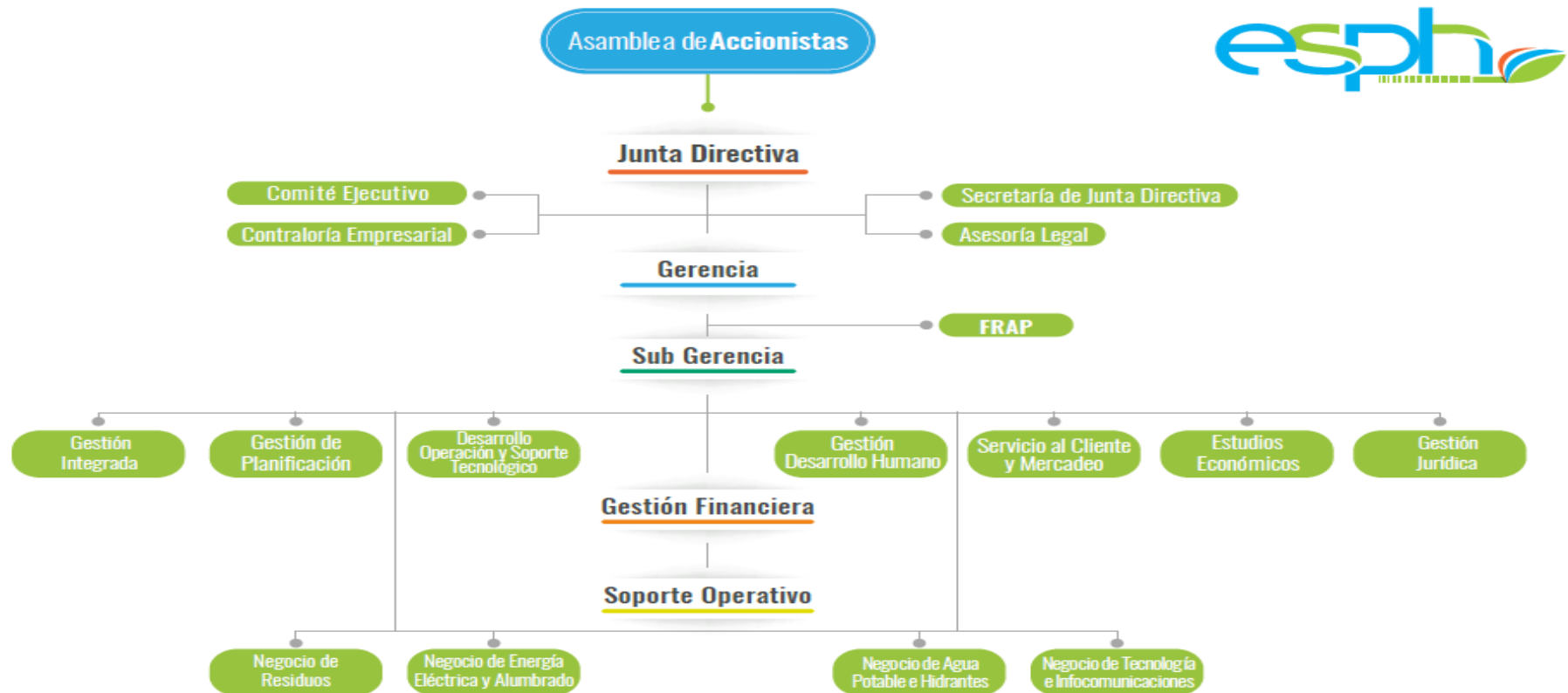
Figura N° 3 Área de cobertura del servicio de Energía Eléctrica de la ESPH



Fuente: Datos tomados de Información Corporativa, sitio web ESPH

1.2.8 Organigrama Empresarial

Figura N° 4 Organigrama Empresarial de la ESPH



Fuente: Datos tomados de Información Corporativa, sitio web ESPH

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia está constituida por una Asamblea de Accionistas, conformada por representantes de la Municipalidades de: Heredia, San Rafael y San Isidro. A su vez, esta asamblea también la conforma un representante de la Universidad Nacional, y un representante de los trabajadores.

La oficina central de la ESPH se encuentra en la provincia de Heredia, específicamente en el cantón central. Sin embargo, es necesario aclarar que esta institución cuenta con varios centros de trabajo alrededor del cantón central.

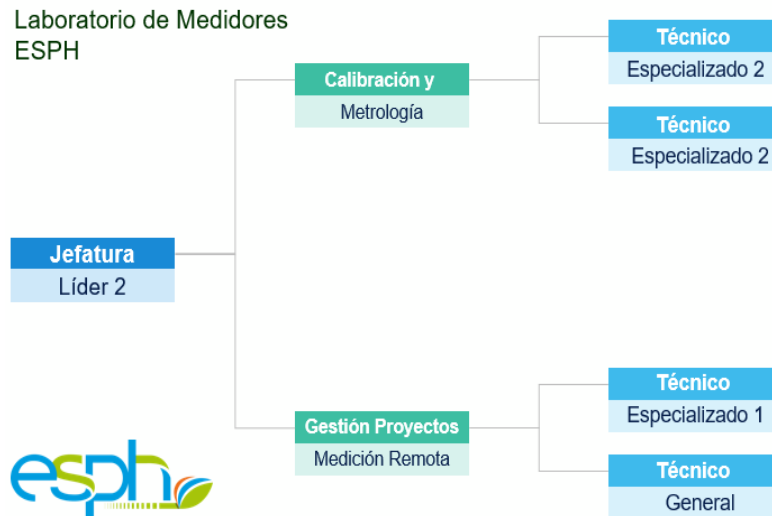
Para la presente investigación, el estudio se centra en el departamento de Laboratorio de Medidores, ubicado en el Edificio de Energía Eléctrica de la ESPH, Calle 38, Santa Inés, Mercedes, Heredia.

1.2.9 Laboratorio de Medidores

Ubicado en la primera planta del Edificio de Energía Eléctrica de la ESPH, pertenece al Negocio de Energía Eléctrica y Alumbrado Público (EEYAP). El Laboratorio de Medidores cuenta con dos procesos:

- A. Calibración y Metrología.
- B. Gestión de proyectos de Medición Remota.

Figura N° 5 Organigrama departamento Laboratorio de Medidores de la ESPH



Fuente: Elaboración propia con los datos del nuevo modelo de gestión

La figura N°5 muestra la estructura del departamento Laboratorio de Medidores de la ESPH, el cual cuenta con un líder 2 como jefatura a cargo de todos los procesos.

A su vez esta estructura cuenta con dos Técnicos Especializados 2 (TE2) a cargo de la Calibración y la Metrología de los equipos y de un Técnico Especializado 1 (TE1) y un Técnico General (TG) encargados de la gestión de los proyectos en medición remota de la empresa.

A continuación, se detallan los procesos del Laboratorio de Medidores:

A. Calibración y Metrología:

Este proceso es el encargado de velar por el correcto funcionamiento de todos los equipos de medición con los que cuenta la ESPH, entre ellos los

contadores eléctricos y los amperímetros que utilizan los colaboradores del Negocio de Energía Eléctrica de la ESPH.

Asimismo, se encargan de llevar a cabo la acreditación del laboratorio en la norma ISO/IEC 17025, para convertirse en un ente certificado que cumpla con los requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración.

Dicha función es suma importancia para la organización ya que asegura una correcta medición del consumo eléctrico de cada uno de los clientes de la ESPH.

Figura N° 6 Mesa de Calibración, Laboratorio de Medidores. Empresa de Servicios Públicos de Heredia



Fuente: Fotografía propia tomada en el laboratorio de medidores de la ESPH.

B. Gestión de Proyectos de Medición Remota:

Creado en el 2016 con el fin desarrollar los proyectos relacionados con las nuevas tecnologías de medición remota en la Empresa de Servicios Públicos

de Heredia, este proceso se encarga de conocer, estudiar, aprobar e implementar las nuevas tecnologías en medición inteligente antes de ser desplegado a los demás procesos de la empresa para su utilización.

A su vez, dicho departamento gestiona la red inteligente de comunicación “Smart Grid”, velando por la correcta comunicación de los equipos, las diferentes alarmas que se generan y todos los datos generados por los diferentes elementos inteligentes o “endpoints” como medidores, controladores de alumbrado público, sensores de línea, e IWR’s instalados.

Figura N° 7 SmartGrid y sus elementos



Fuente: Dato tomado del Manual Landis & Gyr

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema de lectura, facturación y recaudación proveniente de los servicios eléctricos con el que cuenta actualmente la Empresa de Servicios Públicos de

Heredia es obsoleto, ya que utiliza únicamente dos valores para realizar el cálculo del consumo eléctrico de cada uno de los clientes, uno al inicio del periodo de facturación y otro al final, creando vacíos de información durante todo el mes, que no permiten detallar adecuadamente los patrones de consumo de los clientes.

Por esta razón la ESPH se encuentra implementando una infraestructura de Medición Avanzada, “Advanced Metering Infrastructure” (AMI), con la intención de mejorar los procesos antes mencionados. La utilización de las nuevas tecnologías ayuda a la empresa a alcanzar un recaudo más rápido y eficiente, optimizando los ciclos de facturación en las zonas definidas para dicho estudio.

De ahí la importancia y necesidad de que la ESPH continúe con la implementación una red de medición avanzada para mejorar el desempeño financiero de la institución, brindar un servicio integral al cliente, tener una mejor administración de la energía y ayudar a reducir la huella de carbono de la organización.

Por su parte esta implementación conlleva una serie de elementos necesarios para su correcto funcionamiento, proyecto que necesita planificarse de la mejor manera, dado su alto costo para la ESPH, con el objetivo de recuperar la inversión en el menor tiempo posible.

Sin embargo, la ESPH actualmente no cuenta con un plan de desarrollo que propicie un crecimiento ordenado de la infraestructura, en la búsqueda de implementar una mejor forma de recaudar los ingresos provenientes de la prestación del servicio, que minimice el impacto económico que podría conllevar la implementación de dicha infraestructura.

Por esta razón, la ESPH necesita conocer de una mejor manera sus clientes, sectorizando las zonas de concesión para realizar los análisis de las redes eléctricas en áreas más pequeñas, con el objeto de optimizar los tiempos de respuestas y generar ahorro en los recursos de la empresa.

1.3.1 Justificación

Este proyecto de investigación contempla toda el área de cobertura del servicio de energía eléctrica de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, que abarca un área aproximadamente de 106 km cuadrados, así como un total aproximado de 87819 clientes. Con los procesos de Lectura, Facturación y Gestión Cobranzas, se busca realizar de una manera más eficiente el proceso de recaudación del dinero por factura eléctrica a cada uno de sus clientes.

El flujo de dinero es esencial para que las empresas puedan desarrollar los proyectos y cumplir con las metas establecidas en los planes anuales operativos, de ello la importancia que la recaudación debe ser eficiente, y representar el menor costo operativo posible.

Al ser la Empresa de Servicios Públicos de Heredia un distribuidor del servicio eléctrico, este debe comprar la energía que suministra a sus abonados al Instituto Costarricense de Electricidad; para esto, la ESPH implementa una serie de ciclos y rutas para obtener los datos de consumo de los casi 90000 clientes que factura mes a mes, provocando un desfase entre la emisión de la factura del ICE y la recaudación total de la misma, provocando a la ESPH problemas de flujos de dinero para las inversiones, esto sumado al monto por perdidas eléctricas que ascienden aproximadamente los 2500 millones de colones anuales.

Una Infraestructura de Medición Avanzada, con una correcta implementación permite eliminar los ciclos de lectura actuales, creando la posibilidad de reducir los tiempos de facturación de todos los clientes, y de esta forma, contar con los recursos necesarios para realizar la cancelación de sus obligaciones, así mismo, permite la automatización de todo el proceso de facturación, desarrollar programas de análisis para disminuir las pérdidas eléctricas, y reducir los costos operativos de la empresa.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo General

Establecer una propuesta de implementación para la Infraestructura de Medición Avanzada en la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), mediante la sectorización y la estratificación de los clientes residenciales, comerciales e industriales (0 a 3000 kWh) y preferenciales, con el fin de optimizar la recaudación por concepto de ventas del servicio eléctrico.

1.4.2 Objetivos Específicos

- A. Analizar el sistema actual de recaudación por concepto de ventas del servicio eléctrico que utiliza la Empresa de Servicios Públicos de Heredia.
- B. Identificar las implicaciones de implementar la infraestructura de medición avanzada en el proceso de facturación de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia para el período 2021-2026.

- C. Diseñar una sectorización con base en la densidad, la ubicación geoespacial y aspectos socioeconómicos del área de concesión del servicio de energía eléctrica de la ESPH.

- D. Determinar una estratificación de los clientes residenciales, comerciales e industriales (0 a 3000 kWh) y preferenciales de la ESPH según consumo eléctrico.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.5.1 Alcances

Este proyecto busca brindar a la ESPH una nueva forma de distribuir sus clientes, con base en zonas geográficas, y no ciclos y rutas como se realiza en la actualidad, con el fin de conocer y comprender el comportamiento de consumo de los cliente residenciales, comerciales e industriales (0 a 3000 kWh) y preferenciales de la ESPH, facilitando la recaudación y el análisis de los patrones de consumo.

A su vez, pretende brindar lineamientos para el cambio de la totalidad del parque de contadores eléctricos con el fin de implementar la medición inteligente de una manera más rápida, ordenada y lógica, gestionando de mejor manera la recaudación mensual de la ESPH por el rubro de factura eléctrica.

1.5.2 Limitaciones

- La planeación y la ejecución del cambio del 100% del parque de medidores están sujetos al aval tarifario de la ARESEP, y la aprobación del presupuesto por la Contraloría General de la Republica; y este a su vez, depende del cumplimiento de las metas establecidas por toda la organización. Así mismo del presupuesto asignado por el Negocio de Energía Eléctrica y Alumbrado Público (EEYAP) de la ESPH. Lo que podría variar año con año, acelerando o demorando las fechas establecidas para la finalización del proyecto de sustitución de medidores.
- A pesar de que la ESPH cuenta con zonas densas y homogéneas, el análisis depende de la cantidad de consumo de energía de los clientes, el cual es variable mes a mes, y cambios en los estilos de vida de los consumidores podrían afectar los consumos eléctricos.
- La propuesta de implementación depende de la infraestructura de red de comunicación construida por la ESPH, permitiendo que los contadores eléctricos puedan comunicarse con el sistema de gestión AMI o Command Center.

CAPITULO II:
MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL GENERAL RELATIVO A LA CARRERA

2.1.1 Ingeniería Industrial

La ingeniería industrial en la actualidad se entiende como:

El conjunto de principios, reglas, normas, conocimientos teóricos y prácticos que se aplican profesionalmente para disponer de las bases, recursos y objetos, materiales y los sistemas hechos por el hombre para proyectar, diseñar, evaluar, planear, organizar, operar equipos y ofrecer bienes, y servicios, con fines de dar respuesta a las necesidades que requiere la sociedad. (Valencia Giraldo, Asdrúbal, 1999, citado por Bryan Salazar López, 2020):

Como consecuencia de ello, esta no puede estar aislada a los cambios en los procesos generados por la globalización e internacionalización, caracterizados por el cambio de los estándares que, de alguna forma, afectan las realidades del país y por ende las realidades locales.

2.1.2 Administración industrial

Una de las ramas más importantes de la ingeniería industrial es la administración industrial, encargada específicamente a la optimización del uso de los recursos, estableciendo una dirección para la competitividad de la organización, interpretar y comprender la dinámica del entorno y proponer alternativas con base en la gestión tecnológica, investigación, planeación, comunicación y negociación. Como lo indica:

La administración es uno de los factores que determina el éxito o fracaso de cualquier organización, se basa en situaciones que nos llevan a decidir, organizar y ejecutar diferentes acciones combinando competencias en gestión y administración, con la adquisición del conocimiento clave sobre el funcionamiento industrial y los procesos productivos. (Baca & al, 2014, pág. 239)

2.1.3 Planificación industrial

La planificación industrial hace referencia a los procesos de organizar los recursos de manera tal para que sean eficientes, efectivos y eficaces. "Es el proceso de establecer metas y elegir medios para alcanzar dichas metas" (Stoner & Edward Freeman, 1996, pág. 11)

2.1.4 Diseño

El Instituto de Ingeniería Industrial (IIE, por sus siglas en inglés), define a la ingeniería industrial como: "lo concerniente con el diseño, mejoramiento e instalación de los sistemas integrados de personas, materiales, información, equipo y energía". (Baca & al, 2014, pág. 21)

La importancia del diseño es que este especifica, predice y evalúa los resultados que serán obtenidos de la mejora planteada.

2.1.5 Gestión

El término gestión hace referencia al conjunto de acciones que se llevan a cabo para resolver un asunto específico o concretar un proyecto. La gestión es también la dirección o administración de una empresa o de un negocio.

2.1.6 Control

La función primordial del control es la medición y corrección del desempeño para garantizar que los objetivos de la empresa y los planes diseñados para alcanzarlos se logren, sin objetivos y planes bien establecidos el control no es posible, porque el desempeño debe medirse frente a los criterios determinados. (Koontz & Mark, 2012, pág. 496)

2.1.7 Medición

En la era de la información la medición adquiere nuevas dimensiones, las diferentes variables deben de poseer la capacidad de actualizarse e integrarse con la infraestructura de información de manera rápida y confiable.

La medición es la acción de determinar mediante instrumentos o mediante una relación o fórmula previa un resultado dentro de los parámetros escogidos.

“El verdadero propósito de la medición es facilitar la comprensión y el funcionamiento del objeto en estudio y de su desempeño en la actualidad. Gracias a este aprendizaje, poder mejorar y progresar continuamente hacia el logro de los objetivos” (González, 2020)

2.2 MARCO CONCEPTUAL ATINENTE A LA GESTION DEL PROYECTO:

2.2.1 Six Sigma

Para el siguiente proyecto de investigación, se utiliza la filosofía Six Sigma, la cual utiliza una variedad de métodos estadísticos para establecer las mejores prácticas en cualquier proceso. “Six Sigma es una estrategia de mejora continua del negocio, que busca mejorar el desempeño de los procesos de una organización y reducir su variación”. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, pág. 420)

Al ser Six Sigma una filosofía sumamente amplia, y al tratarse de un proceso nuevo en el cual, conlleva una fase de diseño, se utiliza la metodología DMADV, la cual es especialmente útil cuando se implementan nuevas estrategias e iniciativas diseñadas en base a datos.

2.2.2 DMADV

El presente proyecto de investigación se basa en la metodología DMADV, metodología perteneciente a la filosofía Six Sigma, este está enfocado principalmente en el desarrollo de un nuevo servicio, producto o proceso en lugar de mejorar uno previamente existente.

Poseer un buen diseño desde la etapa de desarrollo permite logros significativos en la reducción de costos directos, ya que los problemas detectados durante esta etapa podrían corregirse de una manera más sencilla.

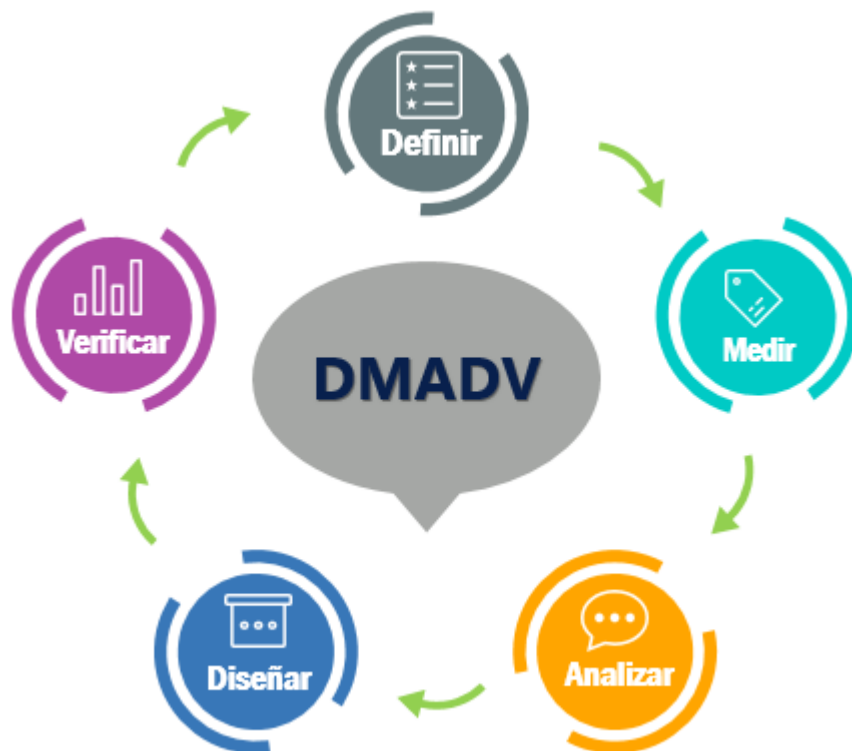
“DMADV requiere ser adaptado para la fase de diseño, ya que la naturaleza de la tarea de diseñar algo nuevo requiere un enfoque sustancialmente diferente del que se emplea para arreglar algo que ya existe”. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, pág. 435)

DMADV nace gracias a la necesidad de adaptar la metodología Six Sigma a todos aquellos proyectos que cuenten con alguna fase de diseño, de esta manera se da el origen al proceso llamado “*Design for Six Sigma*” (DFSS). El objetivo de DFSS es diseñar productos, servicios y procesos que tengan una capacidad Six Sigma, con el objetivo de minimizar la posibilidad de que encontrar situaciones a última hora que puedan entorpecer el proceso, que tradicionalmente están asociadas con la introducción de nuevos productos, servicios y procesos a la organización.

2.2.3 Fases de DMAVD

La metodología utilizada para implementar el DFSS contempla las etapas: definir, medir, analizar, diseñar y verificar (DMADV), formando el acrónimo de las etapas de un proyecto Six Sigma enfocado a diseño.

Figura N° 8 Fases DMADV



Fuente: Control Estadístico de Calidad y Seis Sigma. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009)

2.2.3.1 Definir

La primera fase consiste en identificar el propósito del proyecto, proceso o servicio con la intención de establecer metas realistas, medibles y funcionales para la organización. Así mismo, el proceso conlleva a definir clientes, sus requisitos y los procesos claves que pueden afectar a los clientes. Cada estrategia y objetivo debe estar alineado con las expectativas de la empresa y los clientes.

“El objetivo de la fase “definir” es comprender la voz del cliente, y los procesos más importantes definidos por el “Critical to Safety” (CTS) o procesos críticos para la satisfacción, así como las características del proceso, y a traducir a los clientes los requisitos o elementos técnicos del proceso, producto o servicio a diseñar”. (Cudney & Furterer, 2012, pág. 36)

2.2.3.1.1 Entrevista semiestructurada

La entrevista semiestructurada es una entrevista exploratoria que se utiliza con frecuencia con fines de investigación cualitativa o para recopilar datos necesarios para la investigación.

Este tipo de entrevistas le permiten al investigador poder realizar preguntas adicionales que no se encuentran contempladas al inicio de la entrevista, con el objeto de ampliar la información.

2.2.3.1.2 Multivoto

El multivoto es una de las técnicas y herramientas de la calidad que busca facilitar el funcionamiento efectivo de los equipos de trabajo, y permiten mejorar el análisis e interpretación de datos estadísticos, tendencias y patrones, con el fin de identificar y solucionar los problemas en base a toma de decisiones en equipo. (Curso de Gestión de Calidad para Laboratorios , 2005)

2.2.3.1.3 Diagrama Causa – Efecto

El diagrama de causa-efecto, también conocido como el diagrama de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan.

La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009)

2.2.3.2 Medir

Medir, es la segunda fase de la metodología DMAVD, y se basa en medir lo que es importante y clave en los procesos, así como los resultados que se quieren mejorar

Esta fase implica realizar análisis numéricos y de datos, para establecer un punto de partida a los procesos en estudio, y de esta forma poder utilizar la herramienta adecuada para el análisis en función del tipo de datos.

“Medir es la fase donde se entiende y cuantifica mejor la magnitud del problema. Además, se debe mostrar evidencia de que se tiene un sistema de medición adecuado.” (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009, pág. 428)

2.2.3.2.1 Diagrama de flujo.

El Diagrama de flujo es una manera de representar gráficamente un algoritmo o un proceso, el cual toma en cuenta el recurso humano implicado y

las tareas establecidas en cada segmento del proceso, expuestos a través de una serie de pasos, permitiendo su revisión como un todo. En la presente investigación, se utilizará el diagrama para mostrar el proceso de lectura y facturación de la ESPH.

2.2.3.3 Analizar

Es la tercera fase de la metodología, el objetivo de la fase de análisis es encontrar y validar las causas fundamentales de los problemas y garantizar que la mejora se centre en las causas, optimizando los recursos que se destinan al proceso.

En esta fase se utilizan herramientas de análisis como gráficos de datos, diagramas de flujo del sistema y datos, y herramientas de diseño automatizadas.

“Se trata de entender cómo y por qué se genera el problema, buscando llegar hasta las causas más profundas y confirmarlas con datos” (Humberto & Roman, 2009, pág. 428)

2.2.3.3.1 Tablas de datos o históricos empresariales

Las tablas de datos contienen elementos cuantificables que reflejan el comportamiento histórico de una empresa, mediante el registro de mediciones capturadas a través del tiempo; con el fin de medir, analizar y verificar situaciones determinadas y que podrían presentar un mayor impacto dentro de la compañía. (MathWorks, 2021)

2.2.3.3.2 Análisis de costos

El análisis de costo es el proceso de evaluación de los recursos principales para realizar un trabajo o un proyecto, este análisis establece la calidad y cantidad de los recursos, evalúa los costos en términos de dinero para los gastos que se generen en el desempeño del proyecto, con el objetivo de saber si se puede llevar o no a cabo.

2.2.3.3.3 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que permite encontrar los problemas más relevantes en los procesos, discriminando los que son menos importantes, con el fin de enfocar esfuerzos para la solución de los problemas.

Se describe como “un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas”. (Gutiérrez Pulido & De la Vara Salazar, 2009).

2.2.3.4 Diseñar

La cuarta fase de Diseño es la fase más crítica de DMADV, ya que determina el éxito del proyecto. Esta etapa incluye un diseño detallado y de alto nivel para la alternativa seleccionada, además se realizan los ajustes adicionales necesarios en los procesos.

“El objetivo no es solo desarrollar un proceso de producción que genere buenos productos, sino que también sea logísticamente eficiente” (Mulder, 2020)

2.2.3.4.1 Estratificación

La estratificación es una categorización de la sociedad, con la cual se logra dividir y clasificar a una población determinada en diferentes subcategorías más pequeñas, facilitando la medición y el análisis.

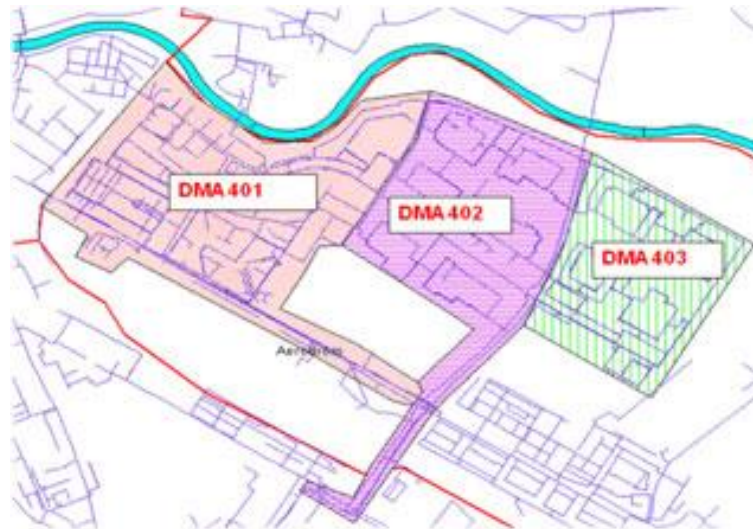
“Los estratos sociales son construcciones y representaciones político-sociales en constante movimiento, con el fin de comprender las sociedades en las que vivimos y las relaciones sociales que las caracterizan, además es una necesidad práctica para organizarnos y asegurar un determinado nivel de bienestar a todos por igual” (Marinho, 2018)

2.2.3.4.2 Distric Metered Area (DMA)

El District Metered Area o DMA, es una técnica utilizada para mejorar la gestión de los sistemas de distribución y consiste en la partición de un área de cobertura en porciones más pequeñas llamadas áreas de medición distrital.

La elaboración de los DMA'S deben contemplar la topografía de la zona, el tipo de asentamiento (Urbano o Rural) y mantener una extensión adecuada, para que su gestión y medición se pueda realizar de manera más sencilla, todo con el fin de asegurar una mayor confiabilidad de los datos.

Figura N° 9 Sectorización por DMA

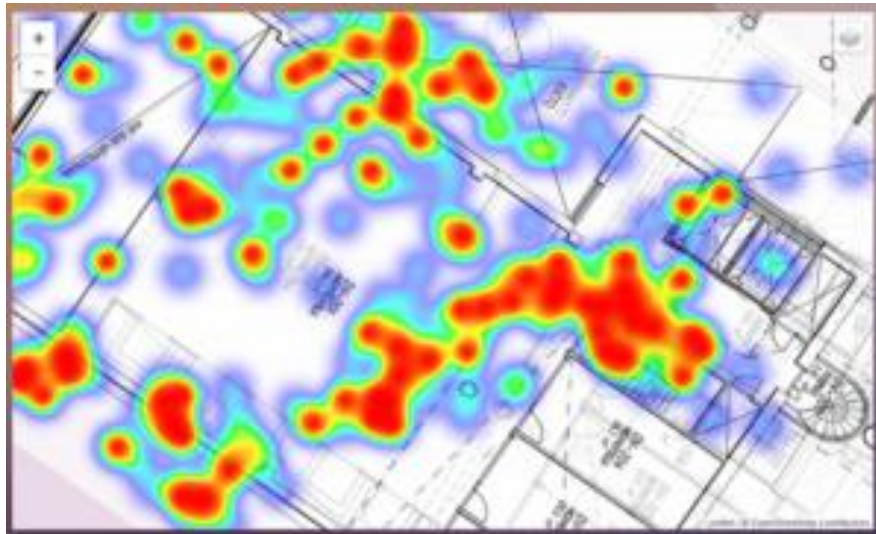


Fuente: <http://www.aquasave.mk/en-GB/Home/ServiceDetails/2>

2.2.3.4.3 Heatmap o Mapa de calor

“Los “*heatmaps*” o mapa de calor son el resultado obtenido al representar una matriz de valores en la que, en lugar de números, se muestra un gradiente de color proporcional al valor de cada variable en cada posición”. (Armetrics, 2020).

Figura N° 10 Visualización de análisis en un mapa de calor.



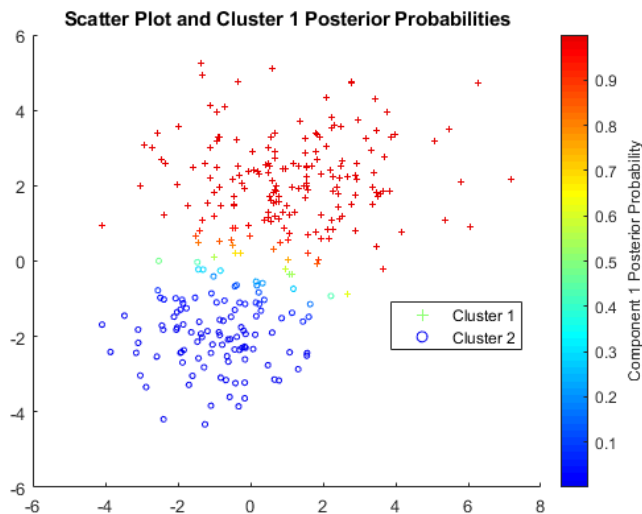
Fuente: Analytics and Heatmaps. (Koskiola, 2016)

2.2.3.4.4 Clustering

El término “*Clustering*” hace referencia a un tipo de técnica cuya finalidad es encontrar patrones o grupos llamados clúster, dentro de un conjunto de observaciones. Las particiones se establecen de forma que, las observaciones que están dentro de un mismo grupo son similares entre ellas y distintas a las observaciones de otros grupos.

Para (Riu, 2009) un “*clúster*” se puede definir de la siguiente manera: “un agregado de puntos en el espacio de prueba, de manera que la distancia entre dos puntos cualesquiera en el grupo es menor que la distancia entre cualquier punto en el grupo y cualquier punto que no está en él”.

Figura N° 11 Visualización de análisis en sistema clúster.



Fuente: Imagen tomada de página web (MathWorks, 2021)

2.2.3.5 Verificar

La última etapa de la metodología DMADV es el proceso de verificación, en este espacio se realizan los ajustes necesarios para satisfacer mejor las necesidades de la organización, con el fin de obtener un diseño listo para su implementación.

2.3 EL MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DEL PROYECTO

La correcta implementación de una Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en el área de concesión del servicio eléctrico de la ESPH, permitirá maximizar los beneficios de las tecnologías de información y telecomunicaciones, aplicadas al servicio público; además incorporará

métodos para ahorro y administración de la energía; así mismo una mejor y más rápida respuesta al proceso de suspensiones de energía no programadas, y una manera más eficiente de gestionar pérdidas eléctricas, con el objetivo de tomar decisiones basadas en datos recopilados a través del tiempo, y así minimizar las pérdidas técnicas que afectan a la organización logrando reducir su huella de carbono.

La automatización de los procesos de lectura, facturación y cobranza, permiten ahorros considerables por conceptos de salarios, materiales propios de la operación y tiempos empleados para el desarrollo de cada una de las tareas, además de facilitar la adquisición de información de los clientes, de manera rápida y en tiempo real, que, hasta el día de hoy, la ESPH no tiene alguna manera de obtener.

Al establecer una nueva forma de distribución para el área de concesión del servicio eléctrico en la zona de Heredia, se logra que el análisis de los datos obtenidos sea más eficiente y acorde a zonas geográficas establecidas de una mejor manera mejorar el desempeño de la ESPH.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS O EXPERIENCIAS SEMEJANTES

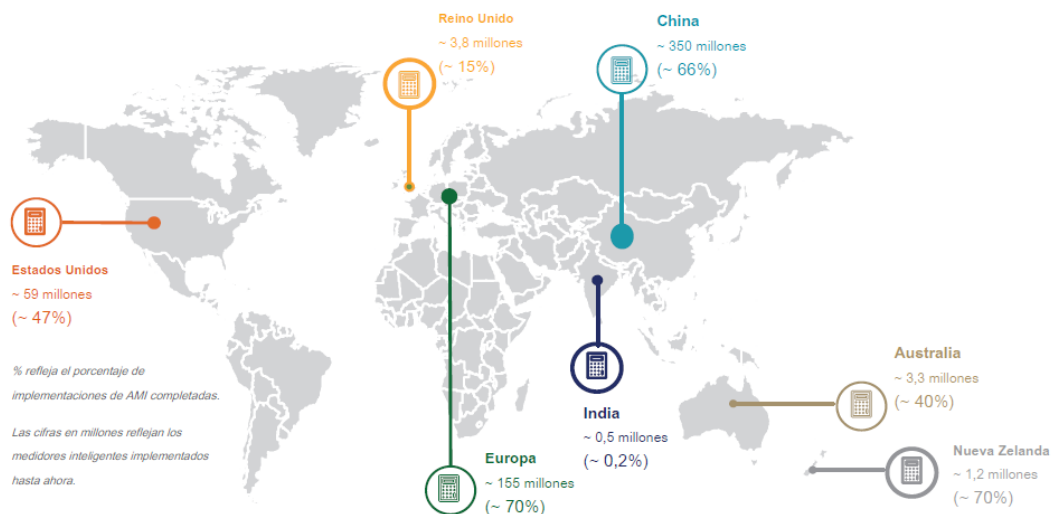
La infraestructura de medición avanzada es sumamente utilizada en los países más desarrollados, otorgándole beneficios operativos, principalmente en la reducción de costos de medición y facturación, en comparación con la medición manual tradicional. Esta ha sido la razón principal para que las

empresas inviertan y desarrollen este tipo de mejoras en sus sistemas de energía.

Europa, Estados Unidos, Canadá y Australia, fueron los primeros países en adoptar AMI. Estos países se empeñaron en mejorar la medición, llevando sus esfuerzos para implementar dicha infraestructura a las diferentes áreas de cobertura, en la búsqueda de modernizar la red eléctrica.

La Figura N°12 muestra la distribución de las iniciativas de AMI en todo el mundo, así como los niveles de penetración de los medidores inteligentes en las principales economías mundiales. Gracias a estas iniciativas, se desarrollan los modelos de ciudades inteligentes en donde la medición y el control de la distribución son pilares esenciales para su creación, ejecución y funcionamiento.

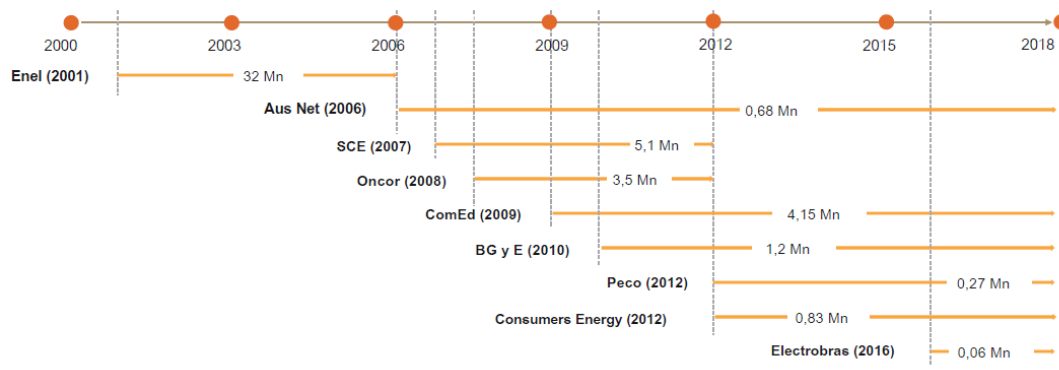
Figura N° 12 Países con mayores iniciativas AMI.



Fuente: (Survey of international experience in advanced measurement infrastructure and its implementation, 2018)

Desde los inicios de la implementación de estos medidores, la tecnología AMI, ha sido sumamente aceptada, gracias a los beneficios que aportan a las empresas que adquieren la infraestructura para realizar la medición.

Figura N° 13 Instalación de Medidores Inteligentes.



Fuente: (Survey of international experience in advanced measurement infrastructure and its implementation, 2018)

La figura anterior muestra el crecimiento, en millones de puntos de medición, que ha mostrado la tecnología AMI alrededor de diferentes empresas distribuidoras a nivel mundial, crecimiento que hasta el día de hoy se mantiene.

Por su parte Costa Rica, inició su camino en la implementación de medición inteligente alrededor del 2017, cuando el Instituto Costarricense de Electricidad y la Compañía Nacional de Fuerza y Luz, prepararon el proceso de instalación de los primeros equipos en el cantón de Barva de Heredia (Molina, 2017)

De la misma manera, la Empresa de Servicios Públicos de Heredia inicia con un plan piloto a finales del año 2018, el cual comprendía con la instalación de 1 colector C6500, 3 Routers y 3500 medidores inteligentes, estos instalados en diferentes zonas del área de cobertura

2.5 ANTECEDENTES

Para la elaboración de esta investigación se tomaron en cuenta estudios nacionales e internacionales:

El primero de los antecedentes encontrados es de (Calderón Bonilla, 2012) con la investigación titulada: *Sistema de lectura remota para el consumo de energía en clientes residenciales, para el Instituto Tecnológico de Costa Rica*. En este proyecto, el autor tiene el objetivo de diseñar e implementar un sistema automático remoto que transmita la lectura del consumo mensual de energía de un grupo selecto de clientes residenciales hasta el departamento de facturación de ESPH, basado en equipos de medición marca *ITRON*.

Las principales conclusiones del proyecto son:

- A. La automatización del sistema de lectura es imprescindible para dar mejor servicio a los clientes, ya que del sistema se obtienen datos más confiables, libres de manipulación y en tiempo real.
- B. La infraestructura de medición, basada en comunicación por radio frecuencia permite gestionar no solo medidores de energía eléctrica, sino que de agua también.

- C. La interoperabilidad es una de las ventajas de estas plataformas, que permite una estabilidad más sencilla de todos los elementos de medición instalados en la red eléctrica.

El segundo estudio de los antecedentes es de (Salazar Blanco, 2018), con la investigación llamada: *Análisis Técnico - Financiero para implementar una solución de Infraestructura de medición eléctrica avanzada en el área de cobertura de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia*. El estudio consiste en conocer con detalle la tecnología que la ESPH escogió para el desarrollo del proyecto, para posteriormente conocer su viabilidad técnica y financiera en la empresa, así como establecer la base de una red eléctrica inteligente en el mediano plazo que permita optimizar los recursos y reducir los costos operativos del negocio de Energía Eléctrica y Alumbrado Público de la ESPH.

Las principales conclusiones del proyecto fueron:

- A. La implementación de la solución propuesta en el proyecto de investigación, y sus etapas posteriores le permitirán a la ESPH modificar y automatizar los procesos de Protecciones y Automatización, Centro de control y Averías, Planificación del negocio de energía eléctrica y Laboratorio de medidores de la ESPH.
- B. Para completar la implementación de la solución propuesta en el 100% del área de cobertura de la ESPH, son necesarios un total de 22 colectores y 70 ruteadores con la capacidad de 90000 puntos de medición aproximadamente, con el fin de implementar una red de comunicación lo suficientemente robusta.
- C. La implementación de la solución propuesta permitirá al Negocio de Energía Eléctrica y Alumbrado Públicos tener un ahorro de \$141.103,80 anuales al no tener que contratar más el servicio de enlace de comunicación por fibra óptica a un proveedor externo.

El tercer estudio analizado es de (Llumiluisa Mera, 2011) llamado: *Implementación del sistema de facturación y medidores prepago en la empresa eléctrica provincial Cotopaxi - plan piloto*. Con el fin de determinar la implementación del sistema de facturación y medidores prepago, para optimizar el uso y la comercialización de energía. Además, se realiza un análisis costo-beneficio de la implementación del sistema prepago versus el convencional y de la reducción de pérdidas técnicas con la implementación de contadores de energía eléctrica de estado sólido.

Las principales conclusiones de la investigación fueron:

- A. La implementación de este sistema de medición prepago ha logrado reducir la cartera vencida, mejorando de esta manera el cuadro financiero de ELEPCO S.A.
- B. La instalación de medidores con mejor tecnología logra disminuir las pérdidas de energía tanto técnicas como no técnicas, ya que estos medidores tienen un autoconsumo inferior a los medidores electromecánicos, en cuanto a las pérdidas comerciales se dificulta el hurto de energía ya que estos contadores cuentan con un sensor de apertura que actúa al momento de ser manipulados, así como también se elimina los errores por toma de lecturas, digitación y tiempos de corte y reconexión.

CAPITULO III:
MARCO METODOLÓGICO

3.1 METODOLOGÍA PARA LA DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Para el desarrollo de la presente investigación se requiere la recolección, revisión y análisis de datos, estos cuentan con información recopilada de los clientes de la ESPH, que permitirá alcanzar los objetivos determinados.

Por cuanto con esta información se pretende revisar, analizar y desarrollar una mejora en el proceso de recaudación, para desarrollar nuevas áreas de medición y análisis.

Para ello, se utilizan diversas herramientas con el propósito de establecer una metodología para definir el problema y obtener una solución.

3.1.1 Entrevista semiestructurada

La entrevista se utiliza como método de recolección de datos, la misma será aplicada a expertos en el tema en la ESPH, permitiendo realizar un mejor abordaje, retroalimentación, análisis y conclusiones en la investigación.

La entrevista contribuye a conocer las opiniones sobre la implementación de una infraestructura de medición avanzada (AMI) y sus beneficios en las empresas distribuidoras de energía eléctrica. Además de la percepción de los encargados de las diferentes áreas en cuanto a las mejoras propuestas.

3.1.2 Multivoto

Ya que el multivoto permite a un grupo de trabajo llegar a un consenso en la importancia que tiene algún tema, el mismo será aplicado como herramienta

de complemento a la entrevista, esto con el fin de cuantificar los resultados y valorar las diferentes apreciaciones de los entrevistados sobre temas relevantes de la investigación.

Permitiendo conocer cuales temas, sobre un punto en específico, son prioridad para los entrevistados de acuerdo a su nivel de importancia, y así llegar a soluciones concretas.

3.1.3 Diagrama Causa – Efecto

Con la creación del diagrama Causa – Efecto, se podrá visualizar los factores que afectan la realización del proceso de facturación de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, y de esta forma analizar todos los factores que involucran la ejecución del proceso.

De esta forma se logra identificar y conocer común de un problema complejo todas las causas que contribuyen a la deteriorar el proceso de facturación y su efecto en los ingresos

3.1.4 Diagrama de flujo.

El diagrama de flujo se utiliza para representar las actividades que forman parte del proceso de facturación de una manera gráfica y sencilla de visualizar, y así realizar la revisión del proceso como un todo.

Al ser la facturación el proceso más importante de la ESPH es importante realizar un análisis de todas las actividades, y establecer mecanismos de control y descripción de los procesos, que permitan un replanteamiento de las

actividades y procesos al alcanzar la automatización con la infraestructura AMI.

3.1.5 Tablas de datos o históricos empresariales

Los datos históricos empresariales son indispensables al momento de estudiar el comportamiento mensual de los clientes, estos datos se utilizan con el fin de analizar sus curvas de demanda y establecer agrupaciones que permitan el estudio general de los clientes con valores similares.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN Y RESPALDO CUALITATIVO DEL PROYECTO

El siguiente apartado utiliza la segunda etapa de la metodología DMADV, la cual se identifica como medir. Para lograr los objetivos de la investigación, se realizarán diferentes mediciones con base en tablas de datos e información histórica tomados directamente de las bases de datos de la ESPH.

Para analizar el sistema de recaudación de la ESPH, se utilizan datos de los colaboradores que están involucrados en este proceso, así como montos aproximados de salarios y cargas sociales, que representan gastos para la organización, con el fin de comprender este proceso primordial para la compañía, y el monto que significa al automatizar los procesos y disminuir el personal.

Además, se estudia la estructura actual de la toma de lecturas, establecidas en ciclos y rutas, con el fin de cuantificar los ingresos, y los tipos de clientes

establecidos en cada ciclo, en las tarifas residencial, comercial (0 a 3000 kWh), industrial (0 a 3000 kWh) y preferencial.

Con el fin de realizar una distribución de los clientes de la Empresa de Servicios Públicos, se utiliza la herramienta de calidad llamada estratificación, para crear una segregación con base en su consumo eléctrico, utilizando datos e históricos de consumo comprendidos en el periodo octubre 2019 a octubre 2020.

Además, se establece una nueva sectorización, mediante la herramienta llamada DMA, creando zonas más homogéneas para la medición y el análisis de los datos suministrados por los equipos de medición de una mejor manera, más confiable y fácil.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA PROPUESTA DE MEJORA, CONSTRUCCIÓN O PUESTA EN PRACTICA DE UN NUEVO PROCESO, PRODUCTO O SERVICIO

Esta fase se realiza con la tercera etapa de la metodología DMADV, llamada analizar. En este apartado se establecen las variables más importantes del proceso, con el fin de evaluar las diferentes alternativas y así lograr establecer las mejoras necesarias.

Para esta fase se analiza toda la data recolectada durante la etapa previa, utilizando herramientas de análisis con el fin de encontrar las posibles causas y las opciones de mejora establecidas en la investigación.

Para la realización de esta etapa se utilizan las siguientes herramientas: análisis de costos, gráficos, estratificación y Distric Metered Area (DMA).

3.3.1 Análisis de costos

Con el fin de establecer los costos asociados a los diferentes procesos que intervienen en las fases de: lectura, facturación y recaudación, se realiza un análisis del costo en planillas, obras contratadas y materiales empleados en dicho proceso.

Este análisis, se realiza como estrategia de cálculo, para obtener un mayor conocimiento y precisión de los costos asociados al proceso en el periodo determinado por la investigación y determinar los beneficios de implementar el AMI en la ESPH.

3.3.2 Gráficos

Los gráficos se utilizan para ilustrar y presentar un conjunto de datos relacionados entre sí, facilitando su comprensión, comparación y análisis.

Con la ayuda de los gráficos se puede simplificar la visualización de toda la data adquirida en los diferentes ítems de la entrevista realizada a cada uno de los expertos en los temas de medición y facturación de la ESPH y así detectar patrones, tendencias y relaciones entre los consumos de los clientes.

3.3.3 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto se utiliza en base a la premisa de *“Pocos Vitales, muchos triviales”* para encontrar aquellos clientes que representan ingresos

mayores para la ESPH, y así enfocar los esfuerzos para la implementación de la infraestructura de medición avanzada.

El enfocar los esfuerzos permite utilizar de la mejor manera los recursos limitados que tiene la ESPH cada año para la implementación de la red y maximizar la cobertura de la implementación en aquellos clientes que representan mayores beneficios.

3.3.4 Estratificación

Este proceso se utiliza con el fin de identificar el grado de influencia de los comportamientos de la demanda de los clientes de la ESPH en el resultado del estudio realizado. La estratificación de los hogares fortalece el análisis de los datos y ayuda a establecer una segmentación adecuada utilizando el consumo eléctrico mensual de los clientes, permitiendo enfocar los esfuerzos en zonas ya determinadas y desplegar la red AMI en donde la inversión sea recuperada de una mejor forma.

La división de los datos y la estratificación permite comparar las características poblacionales de las diferentes zonas, cantidad de clientes y su repercusión en el comportamiento de la ESPH.

3.3.5 Distric Metered Area (DMA)

La sectorización es fundamental para el establecimiento de métodos de control, análisis y mejora continua de las redes eléctricas, estableciendo áreas discretas en un sistema de distribución el monitoreo resulta más sencillo y la información obtenida más útil para las empresas distribuidoras del servicio eléctrico.

El uso de áreas de medición distrital (DMA) facilita la comprensión completa de la configuración de red la existente y permite planificar de una mejor manera las inversiones y los cambios necesarios con el fin de optimizar los recursos.

Este tipo de división se utiliza para establecer una nueva sectorización en el área de concesión del servicio eléctrico de la ESPH, con el fin de eliminar el antiguo sistema de ciclos y rutas, y determinar con mayor precisión dónde y cuándo es más beneficioso para llevar a cabo actividades de mantenimiento, reacomodos de la red e inversiones a largo plazo.

3.3.6 Heatmap o Mapa de calor

El Heatmap o Mapa de calor es una representación gráfica en la que se indica cuáles son las zonas o puntos de mayor interés en el objeto de estudio.

La utilización de los mapas de calor, los datos obtenidos de las tablas de históricos de consumo de los clientes de la ESPH, la sectorización creada en los DMA'S, y las características geográficas de cada elemento permite realizar un análisis cualitativo más eficiente, permitiendo visualizar cual sector de la población en estudio muestra un mayor interés y relevancia, facilitando la identificación de los clientes que representan un mejor redito para la ESPH de acuerdo con sus curvas de demanda.

3.3.7 Clustering

Los métodos de "*clustering*" tienen la propiedad de encontrar agrupaciones en cualquier set de datos, independientemente de que realmente existan o no

dichos grupos en la población de la que proceden las observaciones, de esta forma se podrá visualizar de una manera más sencilla la estratificación de los clientes realizada.

Con este método se busca determinar las cantidades exactas de clientes que comparten la característica de estar clasificados en los estratos más altos de consumo de la ESPH, así como su sector y su ubicación exacta, con el fin de focalizar las inversiones en esas zonas.

3.4 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

Con la creación de este proyecto, la ESPH podrá entender los beneficios y las implicaciones que conlleva el implementar una Infraestructura de Medición Avanzada (AMI), además el personal de la institución será capaz de visualizar una forma más simplificada del área de cobertura del servicio eléctrico. A su vez se podrá determinar una nueva reestructuración de los procesos, gracias a la automatización de procesos fundamentales para la organización.

Para la implementación del proyecto será necesario realizar una planificación adecuada, tomando en cuenta los recursos anuales que destina la ESPH para el proyecto, y así establecer zonas que proyecten un mayor impacto al implementar el AMI.

Con el avance del proyecto será necesario establecer etapas de divulgación sobre las nuevas zonas y la forma de visualizarlas, capacitando al personal de la empresa en la plataforma AMI y estableciendo nuevas funciones de medición y análisis.

La implementación de dicho proyecto debe de llevarse a cabo en fases, ya que se establece una propuesta a mediano plazo, y se entiende que pueden surgir inquietudes por parte del personal de los procesos de lectura, facturación y recaudación.

3.5 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DE RESULTADOS.

La última etapa de la metodología DMADV, consiste en verificar que la solución y el diseño planteado sea funcional para la organización. En esta fase se establecen las métricas e indicadores que deben ser controlados para garantizar un funcionamiento eficiente de los procesos con el objetivo de que la nueva solución planteada no afecte negativamente a la empresa.

Para que esta etapa sea viable se debe asignar cada uno de los equipos instalados a la nueva zona establecida, tomando como base la ubicación geoespacial del dispositivo. Además de establecer métodos para la toma de lectura remota, verificando los porcentajes de datos recopilados por el sistema de gestión con respecto a la cantidad de equipos instalados en el campo.

También se debe de establecer metodologías para la suspensión y reconexión de los contratos morosos, brindando un seguimiento a la cantidad de órdenes, con la meta de determinar ahorros en ordenes de corta y reconexión que permite la implementación del AMI.

Ya que es un proyecto a mediano plazo, se establecerá una implementación ordenada de los medidores, de acuerdo con la cantidad de equipos adquiridos cada año; y con el objetivo de asegurar la correcta comunicación de todos los equipos a través del tiempo.

CAPITULO IV:
LINEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 DESCRIPCION DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia, con el fin de optimizar el funcionamiento de la red eléctrica, y mejorar los procesos de lectura y facturación, decidió iniciar la implementación de una red inteligente que permita obtener una mayor cantidad de datos de sus clientes de una manera más eficiente, sencilla y automatizada.

Actualmente, las redes eléctricas de distribución de la ESPH trabajan de una manera unidireccional, esto porque la única forma de obtener la información de los clientes es registrando los valores de consumo eléctrico en el sitio, y en intervalos sumamente largos de tiempo (generalmente mensuales).

Las nuevas tecnologías están transformando estas redes eléctricas en mallas inteligentes, que permiten la comunicación de los equipos de forma remota, esta tecnología, sumada al desarrollo de las telecomunicaciones, permite hoy en día que las empresas puedan obtener datos con información de la red en tiempo real y de una manera mucho más rápida y confiable.

El sistema de lectura de la ESPH es antiguo, dado que está segmentado en ciclos, que a su vez se dividen en rutas, presentando la problemática de que ocasionalmente no están ordenadas de una forma territorialmente adecuada.

Los medidores asociados a los ciclos deben ser visitados mensualmente por personas que toman los datos necesarios para realizar la facturación de una forma manual, con la posibilidad de que un error humano afecte la facturación del cliente. Si este error se logra detectar antes de ser emitida la

factura, el proceso siguiente es enviar a un inspector al campo a revisar el dato correcto, creando reprocesos; por el contrario, si el error no es detectado, se podría afectar al cliente con una facturación superior a la real o afectar a la empresa con una subfacturación que se convierta en pérdidas eléctricas para la organización.

Así mismo, el proceso de corta y reconexión actualmente es subcontratado a una empresa que representan aproximadamente costos superiores a los \$120 millones anuales, gastos que podrían ser subsanados con la automatización del proceso que permite la implementación de este tipo de infraestructura.

Para las empresas distribuidoras del servicio eléctrico, la implementación del AMI es de suma importancia, ya que presenta una variedad de beneficios operativos, entre ellos: reducción de los costos de lectura de los contadores eléctricos, mejoras en la facturación y recuperación de los ingresos; todo esto al optimizar el proceso de corta y reconexión.

4.2 RECAUDACIÓN POR LA PRESTACIÓN DEL SERVICIO ELECTRICO

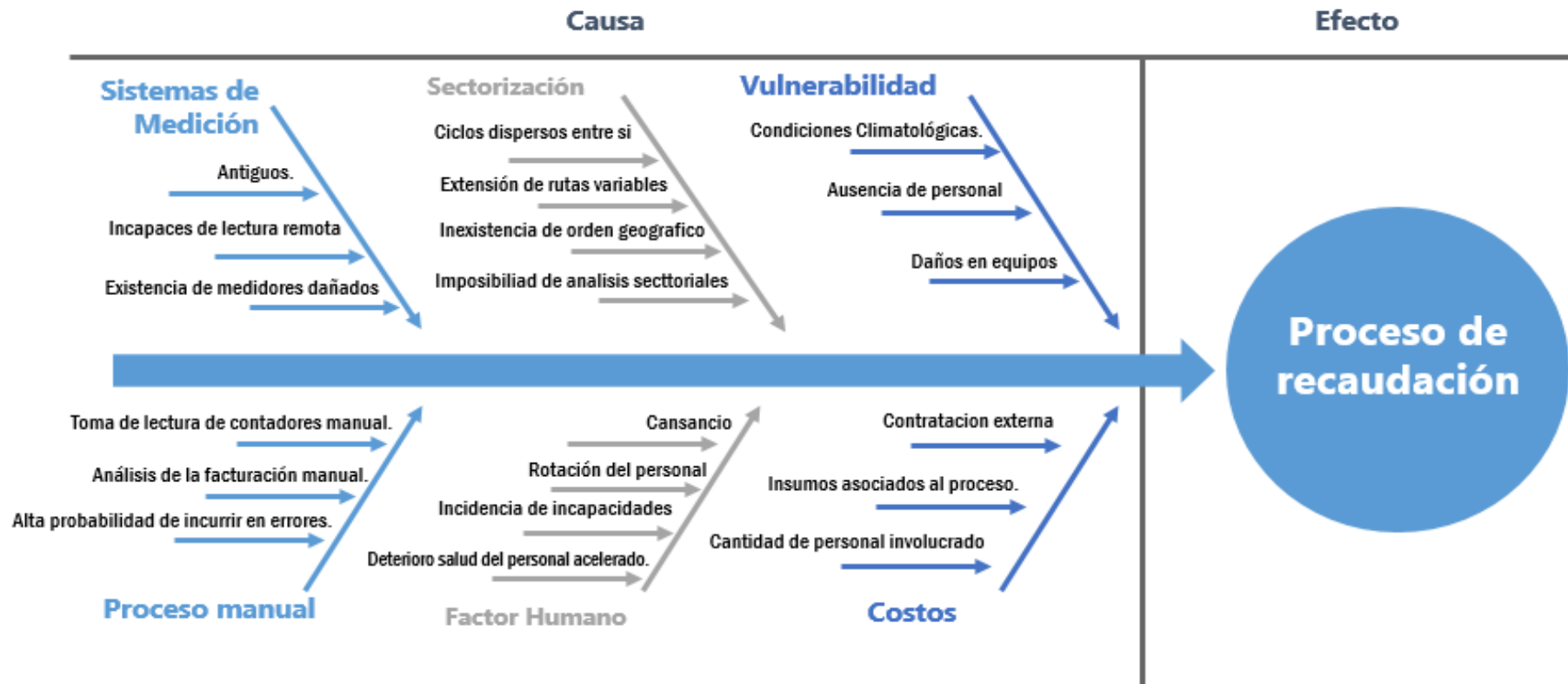
Los procesos más críticos de todas las empresas distribuidoras de los servicios eléctricos son aquellos que se encuentran relacionados con la facturación eléctrica y la recaudación de ingresos devengados por la prestación de los servicios públicos.

4.2.1 Diagrama Causa - Efecto

Con el fin de determinar las deficiencias existentes del sistema actual de recaudación se utiliza el diagrama Causa – Efecto, los resultados se muestran en la figura N°14

Figura N° 14 Diagrama Causa – Efecto

Diagrama Causa-Efecto



Fuente: elaboración propia con datos del Negocio Servicio al Cliente y Mercadeo

La figura N° 14, muestra que el sistema actual de recaudación de la ESPH muestra un grado de obsolescencia e ineficiencia, implicando costos elevados por el recurso humano requerido en cada una de sus etapas y afectando directamente en la salud del personal que realiza la labor. Por otra parte, tiene una probabilidad de errores bastante alta, ya que el componente humano está presente desde el inicio del proceso hasta el final.

El proceso de recaudación eléctrica de la ESPH se basa en tres elementos críticos:

- A. Los contadores eléctricos.
- B. El personal que toma las lecturas en el campo.
- C. La correcta aplicación de tarifas y constantes.

4.2.2 El medidor eléctrico

El medidor o contador eléctrico es el elemento más importante del proceso, su nombre correcto es: Vatiohorímetro o Watthorímetro, sin embargo, en Costa Rica se le conoce popularmente como medidor eléctrico o medidor de luz.

Es un dispositivo encargado de medir el consumo eléctrico de un cliente determinado, en un hogar, comercio o industria; su función principal es registrar toda la potencia eléctrica (Watts) suministrado al inmueble por la empresa distribuidora. Estos medidores registran el consumo en kilowatts por hora (kWh); un kilowatt por hora es la cantidad de energía utilizada para proporcionar 1000 watts de energía en una hora.

Actualmente la Empresa de Servicios Públicos de Heredia cuenta con un parque de medidores activos de aproximadamente 90000 unidades, sin embargo, dentro de su infraestructura de medición existe un rezago muy

importante en la modernización de los contadores, contando incluso con equipos instalados con más de 50 años de antigüedad.

4.2.3 Tarifas eléctricas

La tarifa eléctrica es el monto total que cada consumidor debe cancelar como retribución por el uso de la energía que utiliza en sus labores diarias, la cual está dividida en varios rubros autorizados por un ente regulador.

En Costa Rica, el ente regulador es la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), encargada de fijar los precios por cada kWh que consumen los clientes de las diferentes empresas distribuidoras. Cada empresa presenta diferentes precios aplicados ya que este rubro depende de factores como densidad de clientes, áreas de cobertura, costos operativos y proyectos a futuro que cada una de las empresas distribuidoras presente ante la ARESEP.

A través del tiempo las empresas distribuidoras del servicio eléctrico han centralizado sus esfuerzos en ampliar el conocimiento de sus clientes comerciales e industriales de mayor consumo, ya que representan ingresos de dinero por concepto de la prestación del servicio bastante considerables, y se han limitado a simplemente suministrar la energía a los hogares y comercios más pequeños para su funcionamiento.

Sin embargo, con la introducción de las nuevas tecnologías de producción y utilización de la energía, como, por ejemplo, los paneles solares y los vehículos eléctricos, sumado a las tecnologías de información enfocadas al sector eléctrico, la transformación de este sector parece ser inminente y acelerada.

Por este motivo es importante enfocarse en 4 grupos tarifarios que, aunque representan un menor ingreso per cápita para las empresas, constituyen la gran mayoría de clientes y a futuro se convertirán en objetos de estudio más minuciosos, con el fin de establecer mejores curvas de demanda, tarifas superiores y un servicio eléctrico más integral y participativo, convirtiéndose en el preámbulo de una ciudad inteligente.

Los 4 grupos tarifarios que serán utilizados para el presente estudio, corresponden a aproximadamente 87819 medidores, los cuales representan aproximadamente el 97% del total de clientes de la ESPH; corresponden a los siguientes sectores:

- A. Residencial.
- B. Comercio y Servicios (0 A 3000 kWh).
- C. Industrial (0 a 3000 kWh).
- D. Preferencial.

La tabla N°1 muestra los costos por tarifa en cada uno de los grupos tarifarios seleccionados para la investigación.

Tabla N° 1 Tarifas residencial, comercial, industrial y preferencial ESPH

Tarifas del servicio de distribución eléctrica y alumbrado público prestado por ESPH para el mes de mayo del año 2020, según el tipo de tarifa respectivo.	
Tipo de tarifa y bloque	Tarifa
RESIDENCIAL	
T-RE	
a. Bloque 0-30 kWh	2,202.00
b. Bloque 31-200 kWh	73.40
c. Bloque mayor a 200 kWh	94.91
COMERCIOS Y SERVICIOS	
T-CO	
a. Consumo de Energía menor o igual a 3000 kWh	101.25
b. Bloque 0-3000 kWh	170,850.00
INDUSTRIAL	
T-IN	
a. Consumo de Energía menor o igual a 3000 kWh	101.25
b. Bloque 0-3000 kWh	170,850.00
PREFERENCIAL	
T-CS	
a. Consumo de Energía menor o igual a 3000 kWh	73.40
b. Bloque 0-3000 kWh	151,890.00

Fuente: Datos tomados página de ARESEP

Además del monto que se cobra por cada kWh que consume el cliente, la tarifa eléctrica está compuesta por los siguientes rubros:

- A. CVC: Costo Variable Combustible.
- B. TCB: Tributo Cuerpo de Bomberos.
- C. AP: Alumbrado Público.
- D. TA: Tarifa de Acceso (se cobra únicamente a clientes con sistemas de Generación Distribuida).

E. IVA: Impuesto Valor Adquirido (se cobra a partir de los 280kWh).

La tabla N°2 muestra la distribución de los medidores estudiados según su grupo tarifario, y la cantidad de equipos instalados para lograr la recaudación por la prestación del servicio eléctrico que brinda la ESPH.

Tabla N° 2 Distribución de medidores según tarifa residencial, comercial, industrial y preferencial ESPH

Grupo Tarifario	Cantidad de Medidores	%
RESIDENCIAL	76559	87%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	10247	12%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	746	1%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	267	0%
Total	87819	100%

Fuente: elaboración propia con datos Negocio Servicio al cliente y Mercadeo

La tabla anterior muestra como el grupo residencial predomina entre los medidores instalados, con un 87% de los contadores instalados, el cual representa el grupo tarifario más grande de la empresa. A este grupo le sigue el grupo Comercio y Servicio, con 10247 medidores, representa el 12% de los medidores. El grupo industrial está representado únicamente por 267 medidores, ya que la mayoría de este plan está presente en su mayoría entre los medidores industriales con consumos mayores a 3000 kWh, no presentes en esta investigación. Por último, el grupo Preferencial representa al 1% de los medidores con 746 equipos instalados

4.3 EL PROCESO DE FACTURACIÓN EN LA EMPRESA DE SERVICIOS PÚBLICOS DE HEREDIA

La facturación es el medio principal que tiene la Empresa de Servicios Públicos de Heredia para realizar el cobro por el consumo de energía eléctrica en las zonas industriales y residenciales de su área de cobertura, por lo anterior es de vital importancia una medición correcta del consumo que refleje la cantidad real de energía utilizada, para que así, la ESPH no opere con pérdidas por subfacturación, ni tampoco se perjudique a los clientes al hacerles pagar montos por altos consumos inexistentes.

Este proceso se puede dividir en tres procesos, que se entrelazan para que la empresa pueda percibir los ingresos por el servicio que presta a cada uno de los abonados, las cuales son:

- A. La lectura.
- B. La facturación.
- C. La recaudación de contratos morosos.

4.3.1 El proceso de Lectura

El reto más grande para las empresas distribuidoras del servicio eléctrico se da en el momento de la captura de las lecturas del consumo de energía (kWh) de cada contador. El dato de consumo junto con la tarifa aplicada por la ARESEP permite calcular la facturación de cada uno de sus clientes.

La Empresa de Servicios Públicos de Heredia, utiliza un sistema de ciclos para leer la totalidad de los contadores mes a mes, cada ciclo se divide a su

vez en diferentes rutas. Para poder tomar los datos de los casi 87819 clientes, la empresa hace uso de diez y seis lectores para cada día, los cuales leen en promedio unos 730 medidores diarios, tomando en cuenta además los medidores de agua, servicio que también brinda la ESPH.

La tabla siguiente muestra la cantidad de rutas existentes en cada uno de los ciclos de lectura, además de la cantidad de medidores de energía que existe en cada uno de ellos:

Tabla N° 3 Cantidad de rutas y medidores de energía por ciclo

Ciclos de Lectura	Rutas	Total de Medidores
CICLO 13	11	6205
CICLO 23	11	6212
CICLO 33	10	5290
CICLO 1	11	6011
CICLO 2	12	7035
CICLO 3	7	6309
CICLO 4	10	4470
CICLO 7	9	4456
CICLO 8	9	4131
CICLO 9	10	9126
CICLO 10	10	5595
CICLO 20	10	5790
CICLO 30	12	7244
CICLO 11	15	5132
CICLO 21	11	4813
Total	148	87819

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Negocio Servicio al cliente y Mercadeo

La recopilación de los datos de todos los clientes, la ESPH tarda aproximadamente 17 días cada mes, esto conlleva a un desfase entre el pago

de su factura al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) y el ingreso de los recursos proveniente de los clientes.

Este proceso es calendarizado anualmente, donde la empresa determina cuidadosamente los días en que se debe leer cada uno de los ciclos con el fin de homogeneizar la cantidad de días facturables en cada mes, tratando de que al cliente siempre se le facture una cantidad de días similares en cada período, de acuerdo con la normativa establecida por la ARESEP; la planeación contempla además el estudio de días feriados y fines de semana.

Figura N° 15 Cronograma de lectura, año 2020

Ciclo	P:01-2020	P:02-2020	P:03-2020	P:04-2020	P:05-2020	P:06-2020	P:07-2020	P:08-2020	P:09-2020	P:10-2020	P:11-2020	P:12-2020
DT	02-ene-20	01-feb-20	02-mar-20	01-abr-20	02-may-20	01-jun-20	01-jul-20	01-ago-20	01-sep-20	01-oct-20	01-nov-20	30-nov-20
OX	02-ene-20	01-feb-20	02-mar-20	01-abr-20	02-may-20	01-jun-20	01-jul-20	01-ago-20	01-sep-20	01-oct-20	01-nov-20	01-dic-20
DM	02-ene-20	01-feb-20	02-mar-20	31-mar-20	30-abr-20	30-may-20	30-jun-20	31-jul-20	31-ago-20	30-sep-20	30-oct-20	30-nov-20
DMA	02-ene-20	01-feb-20	02-mar-20	31-mar-20	30-abr-20	30-may-20	30-jun-20	31-jul-20	31-ago-20	30-sep-20	30-oct-20	30-nov-20
13	03-ene-20	03-feb-20	03-mar-20	01-abr-20	02-may-20	02-jun-20	02-jul-20	01-ago-20	01-sep-20	01-oct-20	31-oct-20	02-dic-20
23	04-ene-20	04-feb-20	04-mar-20	02-abr-20	04-may-20	03-jun-20	03-jul-20	03-ago-20	02-sep-20	02-oct-20	02-nov-20	03-dic-20
33	06-ene-20	05-feb-20	05-mar-20	03-abr-20	05-may-20	04-jun-20	04-jul-20	04-ago-20	03-sep-20	03-oct-20	03-nov-20	04-dic-20
1	07-ene-20	06-feb-20	06-mar-20	04-abr-20	06-may-20	05-jun-20	06-jul-20	05-ago-20	04-sep-20	05-oct-20	04-nov-20	05-dic-20
2	08-ene-20	07-feb-20	07-mar-20	06-abr-20	07-may-20	08-jun-20	07-jul-20	06-ago-20	05-sep-20	06-oct-20	05-nov-20	07-dic-20
3	09-ene-20	08-feb-20	09-mar-20	07-abr-20	08-may-20	09-jun-20	08-jul-20	07-ago-20	07-sep-20	07-oct-20	06-nov-20	08-dic-20
4	10-ene-20	10-feb-20	10-mar-20	08-abr-20	11-may-20	10-jun-20	09-jul-20	08-ago-20	08-sep-20	08-oct-20	07-nov-20	09-dic-20
9	11-ene-20	11-feb-20	11-mar-20	13-abr-20	12-may-20	11-jun-20	10-jul-20	10-ago-20	09-sep-20	09-oct-20	09-nov-20	10-dic-20
7	13-ene-20	12-feb-20	12-mar-20	14-abr-20	13-may-20	12-jun-20	13-jul-20	11-ago-20	10-sep-20	12-oct-20	10-nov-20	11-dic-20
8	14-ene-20	13-feb-20	13-mar-20	15-abr-20	14-may-20	13-jun-20	14-jul-20	12-ago-20	11-sep-20	13-oct-20	11-nov-20	12-dic-20
10	15-ene-20	14-feb-20	14-mar-20	16-abr-20	15-may-20	15-jun-20	15-jul-20	13-ago-20	12-sep-20	14-oct-20	12-nov-20	14-dic-20
20	16-ene-20	15-feb-20	16-mar-20	17-abr-20	16-may-20	16-jun-20	16-jul-20	14-ago-20	14-sep-20	15-oct-20	13-nov-20	15-dic-20
30	17-ene-20	17-feb-20	17-mar-20	18-abr-20	18-may-20	17-jun-20	17-jul-20	17-ago-20	16-sep-20	16-oct-20	16-nov-20	16-dic-20
11	18-ene-20	18-feb-20	18-mar-20	20-abr-20	19-may-20	18-jun-20	18-jul-20	18-ago-20	17-sep-20	17-oct-20	17-nov-20	17-dic-20
21	20-ene-20	19-feb-20	19-mar-20	21-abr-20	20-may-20	19-jun-20	20-jul-20	19-ago-20	18-sep-20	19-oct-20	18-nov-20	18-dic-20

Fuente: Departamento de Facturación ESPH

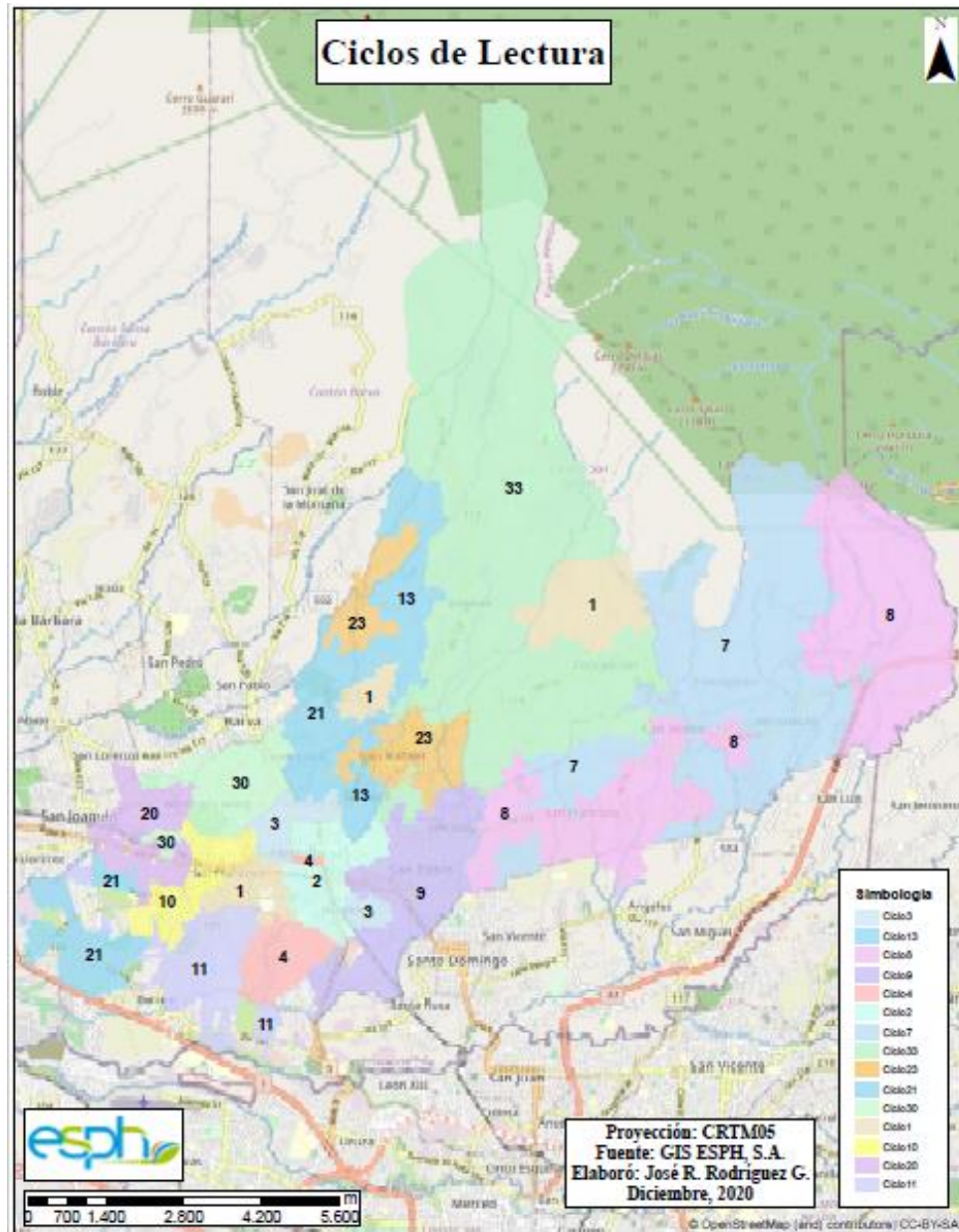
La figura anterior muestra el calendario que realiza la ESPH para establecer los días de lecturas de cada uno de los ciclos con el fin de realizar el cobro por el suministro de energía a sus clientes por medio de los sistemas de medición instalados en cada uno de los inmuebles.

4.3.2 Ciclos y rutas

Actualmente la ESPH cuenta con un total de 19 ciclos; 15 ciclos para medidores residenciales y comerciales con un consumo inferior a 3000 kWh al mes, y 4 ciclos de medidores industriales y comerciales con consumos mayores a 3000 kWh mensuales. Para efectos de esta investigación se utilizarán únicamente los 15 ciclos denominados como regulares, que están conformados por los clientes: Residenciales, Preferenciales, Comerciales (0 a 3000 kWh) e Industriales (0 a 3000kWh).

La figura N°16 detalla el área de cobertura de la ESPH, donde se muestra la distribución de los ciclos y las rutas utilizados para la toma de lectura de los medidores.

Figura N° 16 Ciclos ESPH



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

Con base a la información suministrada en la entrevista realizada a los encargados de los procesos de Lectura y Facturación, y a los datos

geoespaciales de cada uno de los medidores, contenidos en la base de datos del Sistema de Información Geográfica de la ESPH, se enumera las principales deficiencias de este tipo de sectorización:

A. Este tipo de sectorización dificulta realizar análisis sectoriales de los clientes con características geográficas similares ya que, dentro de los ciclos, se encuentran zonas alejadas unas de otras como lo muestra la figura N°17 perteneciente al Ciclo 1.

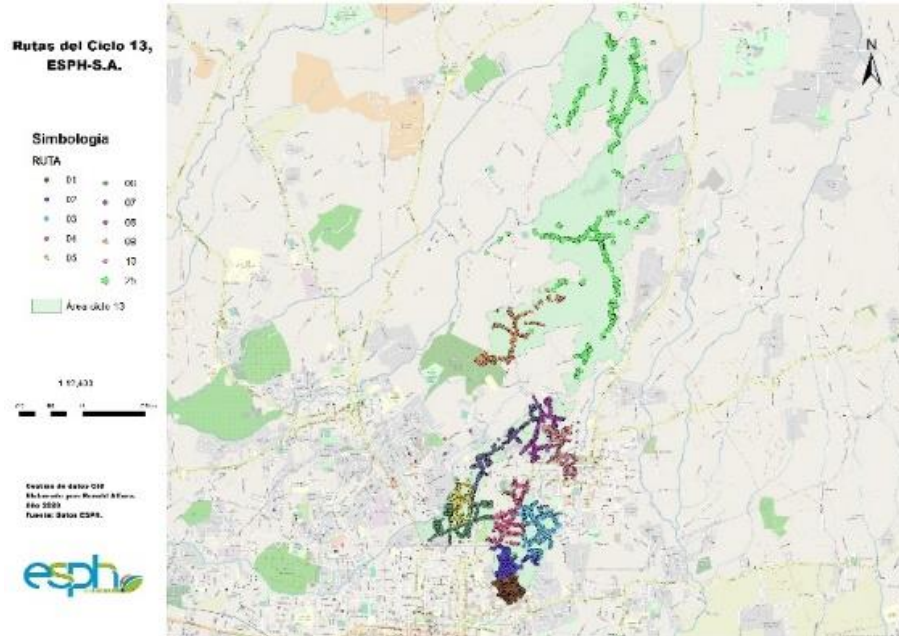
Figura N° 17 Ciclo 1



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

B. Para la toma de lecturas, la amplitud territorial que debe cubrir los lectores para realizar el trabajo, en ocasiones es muy extensa, este problema se ejemplifica con la figura N° 18.

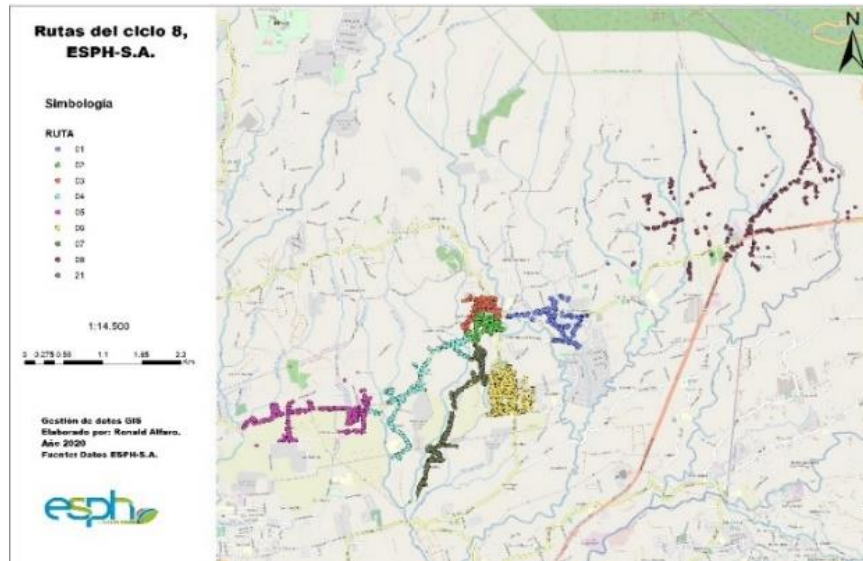
Figura N° 18 Rutas Ciclo 13



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

C. Por condiciones geográficas, algunas de las rutas son muy extensas con densidad de medidores relativamente pequeñas, mostrado en la figura N° 19.

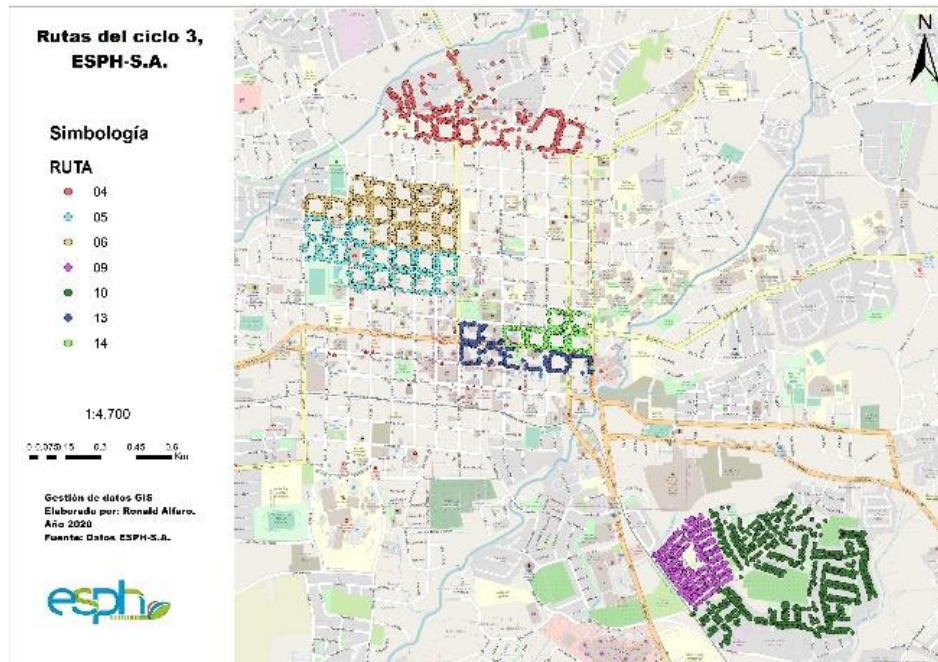
Figura N° 19 Rutas Ciclo 8



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

D. El sistema de ciclos y rutas contiene medidores que se leen en distintos días, estando aledaños unos a otros. Este problema se puede observar en la figura N°20, donde el casco central de Heredia se lee en 3 días diferentes.

Figura N° 20 Rutas Ciclo 3



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

E. El sistema de ciclos y rutas establecidos en algunos sectores de la ESPH, crean una dispersión entre los medidores de un mismo ciclo, provocando que los lectores abarquen diferentes zonas en un mismo día, en ocasiones muy alejados unos de otros. Esta deficiencia se muestra en la figura N°21.

Figura N° 21 Ciclo 11



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

La tabla N°4 muestra un resumen de cada uno de los ciclos en estudio, así como la cantidad de rutas, medidores instalados y los ingresos que representan mensualmente. Esta tabla muestra como la ESPH utiliza las 148 rutas, distribuidas en 15 ciclos para recaudar un monto aproximado de ₡ 2,779,914,965.41 mensualmente.

Tabla N° 4 Resumen de ingresos y rutas por ciclo

Ciclo	Rutas	Medidores	Ingresos (mensuales)
CICLO 13	11	6205	₡ 168,451,198.94
CICLO 23	11	6212	₡ 201,229,280.87
CICLO 33	10	5290	₡ 170,432,767.01
CICLO 1	11	6011	₡ 205,731,234.39
CICLO 2	12	7035	₡ 242,160,356.98
CICLO 3	7	6309	₡ 188,274,606.47
CICLO 4	10	4470	₡ 124,906,940.02
CICLO 7	9	4456	₡ 146,300,099.80
CICLO 8	9	4131	₡ 135,239,386.04
CICLO 9	10	9126	₡ 272,321,813.75
CICLO 10	10	5595	₡ 172,611,702.69
CICLO 20	10	5790	₡ 164,199,603.70
CICLO 30	12	7244	₡ 202,624,322.53
CICLO 11	15	5132	₡ 207,802,592.35
CICLO 21	11	4813	₡ 177,629,059.87
TOTAL	148	87819	₡ 2,779,914,965.41

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Negocio Servicio al cliente y Mercadeo.

La tabla N°5 muestra la distribución de los medidores en cada uno de los grupos tarifarios para cada ciclo de lectura utilizado en la ESPH.

Tabla N° 5 Resumen de ingresos y rutas por ciclo

Zona	Tarifas	Cantidad de Medidores
CICLO 1	RESIDENCIAL	4718
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	1216
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	28
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	49
CICLO 2	RESIDENCIAL	4818
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	2089
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	22
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	106
CICLO 3	RESIDENCIAL	5188
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	1061
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	12
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	48
CICLO 4	RESIDENCIAL	4317
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	128
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	3
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	22
CICLO 7	RESIDENCIAL	4045
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	350
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	5
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	56
CICLO 8	RESIDENCIAL	3636
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	429
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	12
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	54
CICLO 9	RESIDENCIAL	8316
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	741
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	29
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	40
CICLO 10	RESIDENCIAL	4953
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	573
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	14
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	55
CICLO 11	RESIDENCIAL	4464
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	627
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	34
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	7
CICLO 13	RESIDENCIAL	5780
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	367
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	9
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	49
CICLO 20	RESIDENCIAL	5395
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	342
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	17
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	36
CICLO 21	RESIDENCIAL	4135
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	615
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	35
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	28
CICLO 23	RESIDENCIAL	5457
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	646
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	18
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	91
CICLO 30	RESIDENCIAL	6689
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	477
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	15
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	63
CICLO 33	RESIDENCIAL	4648
	COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	586
	INDUSTRIAL [0 A 3.000]	14
	PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	42
TOTAL MEDIDORES		87819

Fuente: elaboración propia con datos obtenidos de Negocio Servicio al cliente y Mercadeo.

4.3.3 El departamento de Lectura

El proceso de la recaudación por la prestación del servicio eléctrico en la ESPH inicia en el departamento Gestión Lecturas, el cual está conformado de la siguiente manera:

- A. Un Supervisor.
- B. Dos Gestores de Servicios 2.
- C. 7 inspectores (3 para inspecciones del servicio de agua y 4 para inspecciones por el servicio de energía).
- D. 16 lectores.

El proceso de lectura comienza asignando cada día una ruta a los lectores, procurando seguir el calendario de lectura previamente establecido por el departamento de facturación. Todas las rutas ya están predefinidas en el sistema comercial utilizado en la ESPH, llamado AXIS.

Los gestores de servicios se encargan de cargar cada una de las rutas en unos dispositivos llamados "*HandHeld*". Cada mañana el lector toma un "*HandHeld*", se desplaza al lugar asignado según el ciclo y la ruta que le corresponde. En el "*HandHeld*" se anotan todos los registros de los contadores asignados, tanto para los medidores de agua como los de energía, este dispositivo ayuda al lector a seguir la ruta preestablecida, guiándolo mediante un sistema de numeración consecutivo asignado a cada uno de los medidores.

En el “*HandHeld*”, el lector encuentra información del número de medidor que debe de leer, además de datos importantes como el contrato, el nombre del cliente, la dirección y el número del consecutivo al que pertenece. Así como la totalidad de medidores que contiene cada ruta, la cantidad de medidores que se han leído y el faltante, con el fin de ayudar al lector a llevar un control de la ruta y el tiempo en el campo.

El “*HandHeld*” lleva, además, precargadas las lecturas anteriores, con el fin de alertar al lector en caso de un error de lectura mediante un sonido y una alerta en la pantalla. Es importante detallar que, a pesar de que el dispositivo lleva todas las lecturas anteriores precargadas, para el lector es imposible conocerlas, evitando especulaciones y asegurando que el lector deba leer el medidor para obtener un registro.

Una vez concluida la ruta, el lector se desplaza de nuevo hacia el departamento, para entregar el “*HandHeld*” con las lecturas recolectadas. El Gestor de Servicios toma el equipo, y descarga los datos en el sistema comercial de la ESPH. Con este último paso se da por finalizado la participación de los lectores en el proceso de facturación, pero no así del departamento Gestión de Lecturas.

Este proceso tiene una alta probabilidad de sufrir errores, debido a que la toma de las lecturas de los casi 87819 medidores se realiza de manera manual, por ello el proceso es sumamente vulnerable a variables que están fuera del control de los encargados del departamento, como condiciones climatológicamente adversas, o enfermedades e incapacidades, también tiene un costo de planillas considerable.

La tabla siguiente muestra el costo aproximado en planilla del departamento de lectura, y además el costo de las cargas sociales patronales que debe de sufragar la ESPH mensualmente, costos que rondan los ¢ 20,966,805.89

Tabla N° 6 Costo Planillas departamento de Lectura

Puesto	Tipo de puesto	Cantidad	Salario Base	Total	Cargas Sociales Patronales (58.16%)
Supervisor SCyM	Administrativo	1	¢ 725,901.95	¢ 725,901.95	¢ 422,184.57
Gestor Servicios 2	Administrativo	2	¢ 504,624.60	¢ 1,009,249.20	¢ 586,979.33
Inspector	Técnico-Operativo	7	¢ 544,108.15	¢ 3,808,757.05	¢ 2,215,173.10
Lector	Técnico-Operativo	16	¢ 482,049.85	¢ 7,712,797.60	¢ 4,485,763.08
Total		26		¢ 13,256,705.80	¢ 7,710,100.09

Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento de RRHH ESPH.

4.3.4 El departamento de Facturación

Este departamento es el siguiente paso en la cadena de facturación de la empresa. Inicia cuando los gestores del departamento de lectura descargan cada uno de los datos tomados en el campo y los ingresan en el sistema comercial de la ESPH (AXIS). Una vez concluido este proceso se procede a realizar el proceso de facturación.

Este proceso consiste en efectuar una verificación de los datos ingresados en el sistema, este análisis conlleva a revisar varios posibles escenarios que se pueden dar antes de poder emitir una factura definitiva al cliente. Algunos de los posibles escenarios son:

- A. Medidor presenta una lectura menor que el mes anterior.
- B. Medidor no leído o no encontrado en el campo.

- C. Medidor dañado.
- D. Consumo mayor o inferior al 20% del consumo mensual promedio del cliente.

Todos estos escenarios, provocan que este departamento deba solicitar una verificación de la lectura en el campo, llamadas previas, que consisten básicamente en enviar a un inspector del Departamento de Lecturas para corroborar la información que brindó el lector.

Es gracias a la información recabada de las previas que este departamento puede descartar errores en la factura emitida por malas interpretaciones del lector en el registro del medidor, una mal digitación de la lectura podría acarrear problemas al cliente al emitir facturas más altas de la real, provocando molestias.

Además, las previas también logran determinar la necesidad de crear trámites para que otros departamentos validen el estado del medidor instalado en el campo y lo arreglen o lo sustituyan por uno nuevo y en buen estado.

A su vez, el análisis que realiza este departamento sobre el aumento o disminución del consumo eléctrico, ayudan a encontrar medidores que presentan problemas en el registro, o medidores con ilícitos.

Una vez realizado el análisis, y revisadas las previas, este departamento emite la factura a cada uno de los clientes.

Tabla N° 7 Costo Planillas departamento de Facturación.

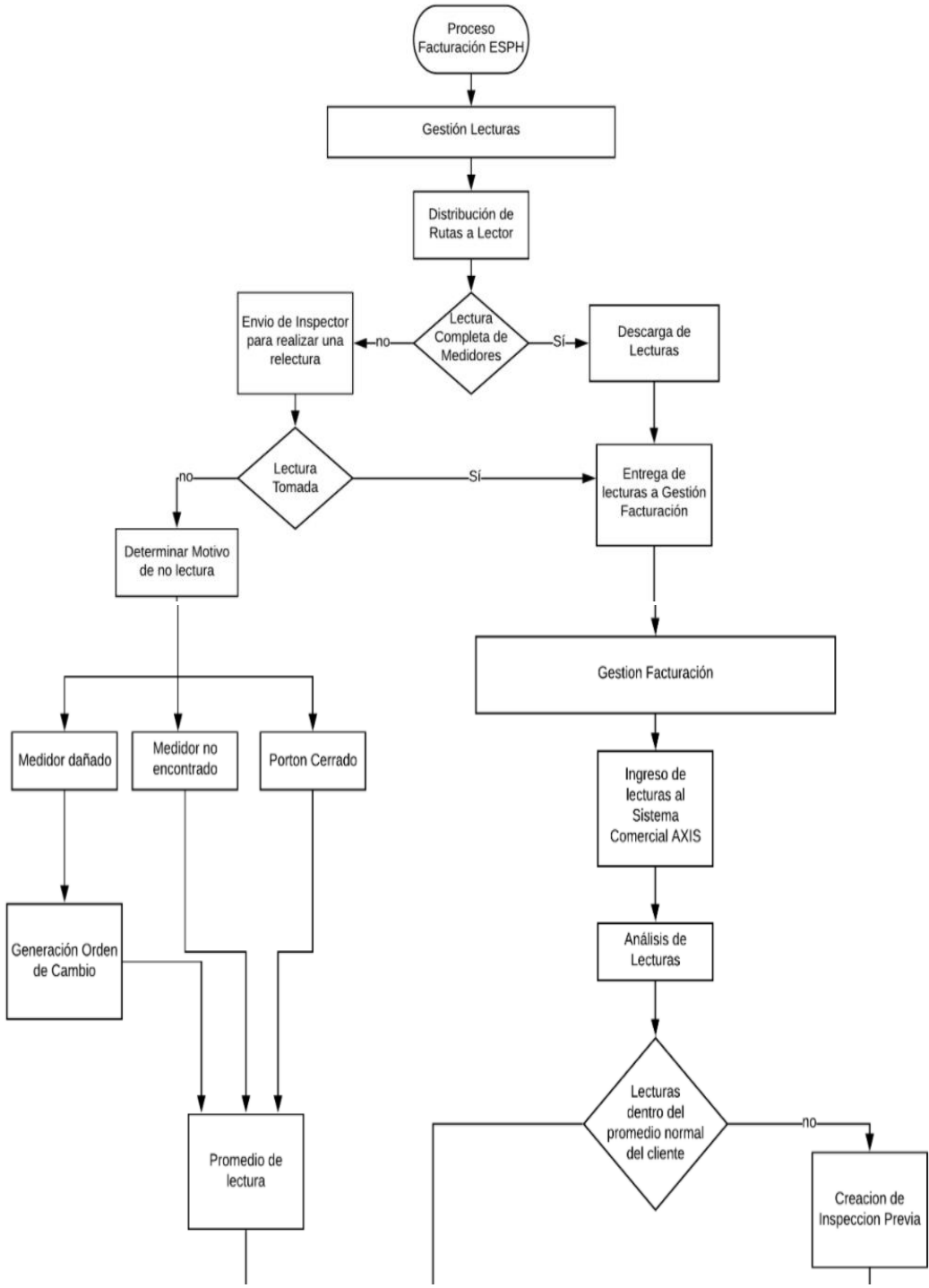
Puesto	Tipo de puesto	Cantidad	Salario Base	Total	Cargas Sociales Patronales (58.16%)
Supervisor SCyM	Administrativo	1	₡ 755,183.60	₡ 755,183.60	₡ 439,214.78
Gestor Servicios 2	Administrativo	3	₡ 504,624.60	₡ 1,513,873.80	₡ 880,469.00
Gestor Servicios 4	Técnico-Operativo	2	₡ 574,205.00	₡ 1,148,410.00	₡ 667,915.26
Total		6		₡ 3,417,467.40	₡ 1,987,599.04

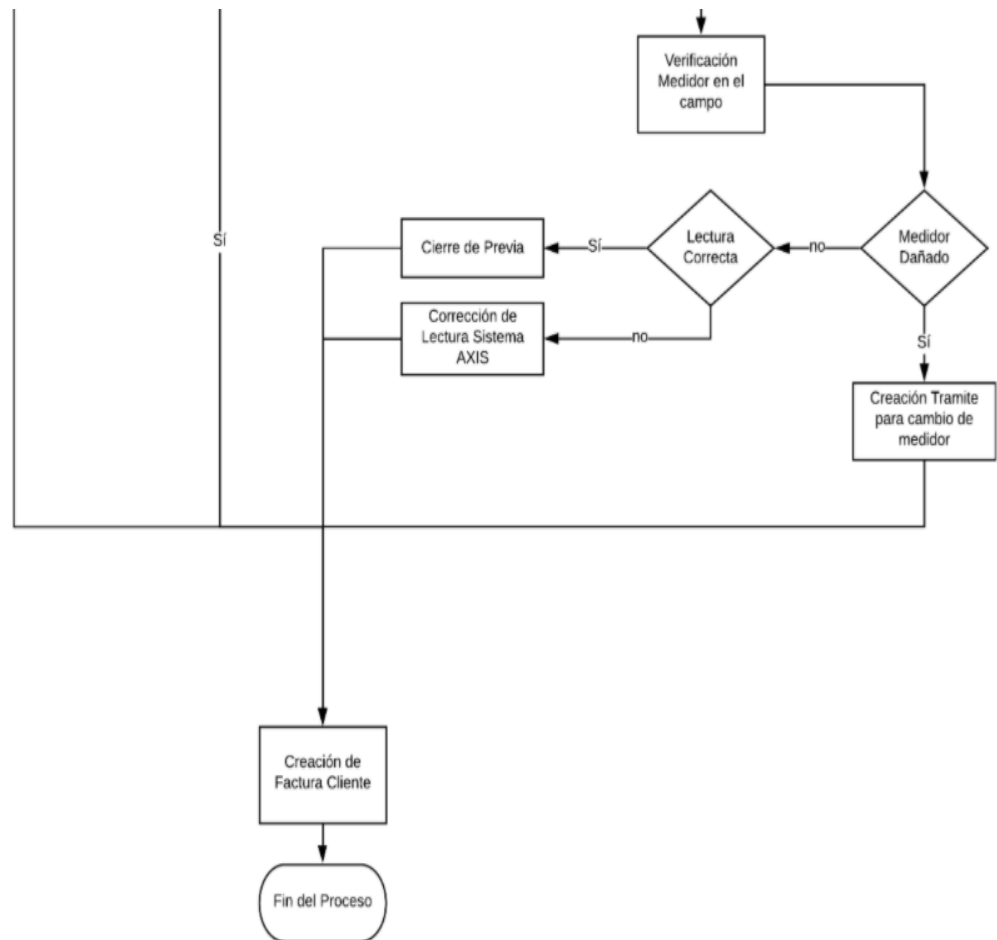
Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento de RRHH ESPH

La tabla N°7 muestra los costos en planillas del departamento de facturación, además de las cargas patronales, estos costos ascienden aproximadamente a los ₡5,405,066.44 mensuales.

Todo este proceso se puede visualizar con el siguiente diagrama de flujo, perteneciente a los procesos de Lectura y Facturación.

Figura N° 22 Diagrama de flujo, proceso Lectura y Facturación





Fuente: Negocio Servicio al Cliente y Mercadeo ESPH

4.3.5 El departamento de Gestión Cobranzas

El último departamento que interviene en la recaudación es el departamento llamado Gestión Cobranzas.

Este departamento es el encargado de velar por todos los contratos que, al momento del vencimiento de su factura, pasan a estar en estado moroso y así generar la orden de trabajo (OT) de suspensión del servicio o corta como se

le llama en la ESPH, y cuando el cliente cancela los montos adeudados, generar la OT de reconexión.

Estas OT's se codifican según la tarea que se deba desarrollar de la siguiente forma:

- A. **OCEE:** Corta para contadores.
- B. **OCEP:** Corta pentagrama.
- C. **OCER:** Retiro servicio corta energía.
- D. **OREM:** Reconexiones.
- E. **OREP:** Reinstalaciones de energía.
- F. **ORER:** Reconexiones de pentagrama.
- G. **RETELE:** Retiro definitivo a solicitud cliente.
- H. **RETENE:** Reinstalación a solicitud de cliente.

Estas órdenes de trabajo no son realizadas por la empresa, sino que se subcontratan a una empresa llamada ELECTROTEL. La principal desventaja de este proceso es que a pesar de que se le cobra al cliente moroso un rubro por reconexión del servicio, este es muy inferior a lo que ELECTROTEL le cobra a la ESPH por sus servicios.

Tabla N° 8 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH.

Codigo	Orden de trabajo	Costo
OCEE	CORTA PARA CONTADORES	₡ 850.07
OCEP	CORTA PENTAGRAMA	₡2,751.19
OCER	RETIRO SERVICIO CORTA ENERGIA	₡6,203.67
OREM	RECONEXIONES	₡1,983.53
OREP	REINSTALACIONES DE ENERGIA	₡7,552.27
ORER	RECONEXIONES DE PENTAGRAMA	₡6,419.55
RETELE	RETIRO DEFINITIVO A SOLICITUD CLIENTE	₡6,203.67
RETENE	REINSTALACION A SOLICITUD DE CLIENTE	₡7,552.27

Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento Gestión Cobranzas.

La tabla anterior muestra lo montos que debe desembolsar la ESPH en cada una de las ordenes de trabajo, sin embargo, para todas las ordenes de corta la Empresa de Servicios Públicos de Heredia no genera ningún beneficio, y para las de reconexión únicamente se le cobra al cliente ₡622, representando así pérdidas considerables para la empresa.

Las tablas siguientes muestran los desembolsos que ha realizado la ESPH a la empresa ELECTROTEL durante los años 2017, 2018, 2019 y hasta el mes de octubre del año 2020.

Tabla N° 9 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Año 2017

Tipo de Orden de trabajo	Costo	2017	Monto pagado
OCEE	₡ 850.07	51440	₡ 43,727,600.80
OCEP	₡2,751.19	1022	₡ 2,811,716.18
OCER	₡6,203.67	1885	₡ 11,693,917.95
OREM	₡1,983.53	43478	₡ 86,239,917.34
OREP	₡7,552.27	1585	₡ 11,970,347.95
ORER	₡6,419.55	1013	₡ 6,503,004.15

RETELE	€6,203.67	662	€ 4,106,829.54
RETENE	€7,552.67	160	€ 1,208,427.20
Total		101245	€ 168,261,761.11

Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento Gestión Cobranzas.

Tabla N° 10 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Año 2018

Tipo de Orden de trabajo	Costo	2018	Monto pagado
OCEE	€ 850.07	39227	€ 33,345,695.89
OCEP	€2,751.19	836	€ 2,299,994.84
OCER	€6,203.67	1905	€ 11,817,991.35
OREM	€1,983.53	32727	€ 64,914,986.31
OREP	€7,552.27	1555	€ 11,743,779.85
ORER	€6,419.55	818	€ 5,251,191.90
RETELE	€6,203.67	635	€ 3,939,330.45
RETENE	€7,552.67	172	€ 1,299,059.24
Total		77875	€134,612,029.83

Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento Gestión Cobranzas.

Tabla N° 11 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Año 2019

Tipo de Orden de trabajo	Costo	2019	Monto pagado
OCEE	€ 850.07	42599	€ 36,212,131.93
OCEP	€2,751.19	1037	€ 2,852,984.03
OCER	€6,203.67	2365	€ 14,671,679.55
OREM	€1,983.53	34442	€ 68,316,740.26
OREP	€7,552.27	1655	€ 12,499,006.85
ORER	€6,419.55	984	€ 6,316,837.20
RETELE	€6,203.67	668	€ 4,144,051.56
RETENE	€7,552.67	123	€ 928,978.41
Total		83873	€145,942,409.79

Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento Gestión Cobranzas.

Tabla N° 12 Costo de órdenes de trabajo de corta y reconexión para la ESPH. Octubre 2020

Tipo de Orden de trabajo	Costo	2020	Monto pagado
OCEE	₡ 850.07	48302	₡ 41,060,081.14
OCEP	₡2,751.19	1029	₡ 2,830,974.51
OCER	₡6,203.67	3281	₡ 20,354,241.27
OREM	₡1,983.53	39488	₡ 78,325,632.64
OREP	₡7,552.27	2312	₡ 17,460,848.24
ORER	₡6,419.55	1007	₡ 6,464,486.85
RETELE	₡6,203.67	671	₡ 4,162,662.57
RETENE	₡7,552.67	112	₡ 845,899.04
Total general		96202	₡171,504,826.26

Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento Gestión Cobranzas.

De las tablas anteriores podemos inferir que en los últimos 4 años la empresa ELECTROTEL ha facturado un total de ₡620,321,026.99 a la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, y la misma ha recuperado de sus clientes por el rubro de reconexión ₡102,174,074.00, es decir, apenas un 16% de lo que ha facturado a ELECTROTEL, según los datos de la tabla N°13.

Tabla N° 13 Recuperación por órdenes de reconexión para la ESPH. Año 2017 a octubre 2020

Tipo de Orden de trabajo	Costo	2017	2018	2019	2020	Total	Monto Recuperado
OREM	₡ 622.00	43478	32727	34442	39488	150135	₡ 93,383,970.00
OREP	₡ 622.00	1585	1555	1655	2312	7107	₡ 4,420,554.00
ORER	₡ 622.00	1013	818	984	1007	3822	₡ 2,377,284.00
RETELE	₡ 622.00	662	635	668	671	2636	₡ 1,639,592.00
RETENE	₡ 622.00	160	172	123	112	567	₡ 352,674.00

Total	46898	35907	37872	43590	164267	₺ 102,174,074.00
-------	-------	-------	-------	-------	--------	------------------

Fuente: elaboración propia con datos tomados del departamento Gestión Cobranzas.

Otra deficiencia del proceso de corta y reconexión, es que cada una de las ordenes ejecutadas necesita de la remoción de un sello de seguridad que se le coloca al medidor llamado marchamo, luego de ejecutada la orden se debe de colocar uno nuevo, esto genera un costo adicional para la empresa con el agravante de que, al ser de plástico y acero, produce contaminación y un impacto ambiental negativo.

La tabla N°14 muestra el costo de estos marchamos producto de cada una de las ordenes de trabajo ejecutadas durante los años 2017 a octubre del 2020 tomando en cuenta el costo del dispositivo de ₺58.60 cada uno.

Tabla N° 14 Costo por uso de dispositivos de seguridad para el medidor. Año 2017 a octubre 2020

Orden de trabajo	2017	2018	2019	2020	Total general	Costo dispositivo de seguridad	Total
OCEE	51440	39227	42599	48302	181568	₺ 58.60	₺10,639,884.80
OREM	43478	32727	34442	39488	150135	₺ 58.60	₺ 8,797,911.00
OCER	1885	1905	2365	3281	9436	₺ 58.60	₺ 552,949.60
OREP	1585	1555	1655	2312	7107	₺ 58.60	₺ 416,470.20
OCEP	1022	836	1037	1029	3924	₺ 58.60	₺ 229,946.40
ORER	1013	818	984	1007	3822	₺ 58.60	₺ 223,969.20
RETELE	662	635	668	671	2636	₺ 58.60	₺ 154,469.60
RETENE	160	172	123	112	567	₺ 58.60	₺ 33,226.20
Total general	101245	77875	83873	96202	359195		₺21,048,827.00

Fuente: Departamento Gestión Cobranzas

La tabla N°15 muestra como está constituido el departamento Gestión Cobranzas, así como el costo mensual por concepto de planillas y cargas sociales que asciende a los ¢5,517,498.83

Tabla N° 15 Costo en planilla del departamento Gestión Cobranza

Puesto	Tipo de puesto	Cantidad	Salario Base	Total	Cargas Sociales Patronales (58.16%)
Supervisor SCyM	Administrativo	1	¢ 755,183.60	¢ 755,183.60	¢ 439,214.78
Gestor Servicios 3	Administrativo	4	¢ 547,315.85	¢ 2,189,263.40	¢ 1,273,275.59
Inspector	Técnico-Operativo	1	¢ 544,108.15	¢ 544,108.15	¢ 316,453.30
Total		6		¢ 3,488,555.15	¢ 2,028,943.68

Fuente: elaboración propia con datos tomados de RRHH ESPH.

Para que todo el proceso de facturación de la ESPH se pueda realizar, desde la toma de lectura en cada uno de los hogares o comercios, el análisis y la generación de la factura eléctrica, y la cobranza de los contratos morosos, debe intervenir 39 personas, con un costo total mensual de ¢33,791,724.62, monto que es muy superior si se toman en cuenta pluses salariales que tienen los empleados de la ESPH, como anualidades, dedicación exclusiva y carrera profesional.

Tabla N° 16 Costo en planilla del proceso de recaudación de la ESPH

Proceso	Puesto	Tipo de puesto	Cantidad	Salario Base	Total	Cargas Sociales Patronales (58.16%)
Jefatura	Líder 3	Administrativo	1	¢ 1,202,803.15	¢ 1,202,803.15	¢ 699,550.31
Lecturas	Supervisor SCyM	Administrativo	1	¢ 725,901.95	¢ 725,901.95	¢ 422,184.57
	Gestor Servicios 2	Administrativo	2	¢ 504,624.60	¢ 1,009,249.20	¢ 586,979.33
	Inspector	Técnico-Operativo	7	¢ 544,108.15	¢ 3,808,757.05	¢ 2,215,173.10

	Lector	Técnico-Operativo	16	₡ 482,049.85	₡ 7,712,797.60	₡ 4,485,763.08
Facturación	Supervisor SCyM	Administrativo	1	₡ 755,183.60	₡ 755,183.60	₡ 439,214.78
	Gestor Servicios 2	Administrativo	3	₡ 504,624.60	₡ 1,513,873.80	₡ 880,469.00
	Gestor Servicios 4	Técnico-Operativo	2	₡ 574,205.00	₡ 1,148,410.00	₡ 667,915.26
Gestión Cobranzas	Supervisor SCyM	Administrativo	1	₡ 755,183.60	₡ 755,183.60	₡ 439,214.78
	Gestor Servicios 3	Administrativo	4	₡ 547,315.85	₡ 2,189,263.40	₡ 1,273,275.59
	Inspector	Técnico-Operativo	1	₡ 544,108.15	₡ 544,108.15	₡ 316,453.30
Total			39		₡ 21,365,531.50	₡ 12,426,193.12

Fuente: elaboración propia con datos tomados de RRHH ESPH.

Es importante recalcar que el monto real no se pudo obtener a raíz de las políticas de confidencialidad de la empresa. Este alto costo, los errores presentes por el factor humano que lo caracteriza y la vulnerabilidad por condiciones externas que afectan al proceso, se podría subsanar implementando una infraestructura de medición avanzada (AMI) que automatice todo el proceso.

4.4 APLICACIÓN DE ENTREVISTA

El objetivo de la presente investigación es definir una propuesta de implementación de una infraestructura de medición avanzada en el área de concesión del servicio eléctrico de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH), para ello se procede aplicar instrumentos tanto de la investigación cualitativa como de la investigación cuantitativa.

Respecto al instrumento cualitativo se procede a realizar las entrevistas a los expertos en el tema de la ESPH, tomando en cuenta los puntos de vista de los negocios de Energía y Alumbrado Público y el Negocio Servicio al cliente

y Mercadeo, entre los entrevistados se encuentran: Director del negocio de energía, los líderes de los departamentos de Planificación, Laboratorio de Medidores, Operaciones Técnicas en Medición y Gestión Ingresos, además de la supervisora de proceso de Gestión Lecturas.

El objetivo de la entrevista es determinar la percepción general de los expertos del sistema actual de recaudación de la ESPH, además de la apreciación para la implementación de una nueva sectorización en el área de cobertura de la empresa, determinar sus ventajas y desventajas, su impacto a nivel organizacional y conocer los retos más importantes que las personas encargadas de los procesos vislumbran en el futuro para que la implementación de la infraestructura de medición se lleve a cabo con éxito.

El instrumento de entrevista se aplicó a los expertos establecidos, el cual está compuesto de once preguntas abiertas, que permiten conocer el punto de vista de las personas; a continuación, se desarrolla un análisis de las preguntas con relación con el tema a investigar.

4.4.1 Análisis e interpretación de los datos obtenidos.

4.4.1.1 Multivotación.

Además de la entrevista, esta investigación se apoya en la herramienta llamada multivoto, con el fin de crear una representación más cuantificable de las apreciaciones de los encargados de cada departamento.

Apoyado en la escala de Likert para medir la opinión de cada individuo sobre los temas más relevantes de la entrevista, se realizó una escala con cinco

niveles, en la cual el entrevistado, luego de dar sus opiniones, debía escoger una opción.

Tabla N° 17 Escala de Likert para el proceso de multivotación

Variable de respuesta	Valor
Muy en desacuerdo	1
En desacuerdo	2
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	3
De acuerdo	4
Muy de acuerdo	5

Fuente: La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos. (Fabila Echaury, 2013)

La figura N°23 muestra los resultados obtenidos al aplicar la herramienta del multivoto a los entrevistados.

Figura N° 23 Matriz de resultados aplicación de multivoto

Item	Negocio de Energía Eléctrica			Negocio Servicio al Cliente y Mecadeo		
	Director Negocio EEYAP	Lider Laboratorio de Medidores Negocio EEYAP	Lider Planificación Negocio EEYAP	Lider Gestión Ingresos Negocio SCyM	Supervisor Gestión Lecturas Negocio SCyM	Lider Operaciones Técnicas Medicion Negocio SCyM
Eficiencia y eficacia del método actual de recaudación que utiliza la ESPH	3	2	1	4	4	3
Practicidad del proceso de recaudación para la ESPH	1	5	1	5	5	3
Percepción sobre la creación de una nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH	5	4	5	4	4	4
Percepción sobre la simplificación del proceso de recaudación mediante una nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH	4	2	4	2	4	4
Percepción sobre el conocimiento que tiene la ESPH sobre sus clientes con menor consumo eléctrico (kWh) mensual.	4	4	4	4	4	4
Importancia para la empresa de llegar a conocer a clientes de menor consumo	5	5	5	5	5	5
Necesidad de modernizar los sistemas de Medición de la red eléctrica en la ESPH	5	5	5	5	5	5

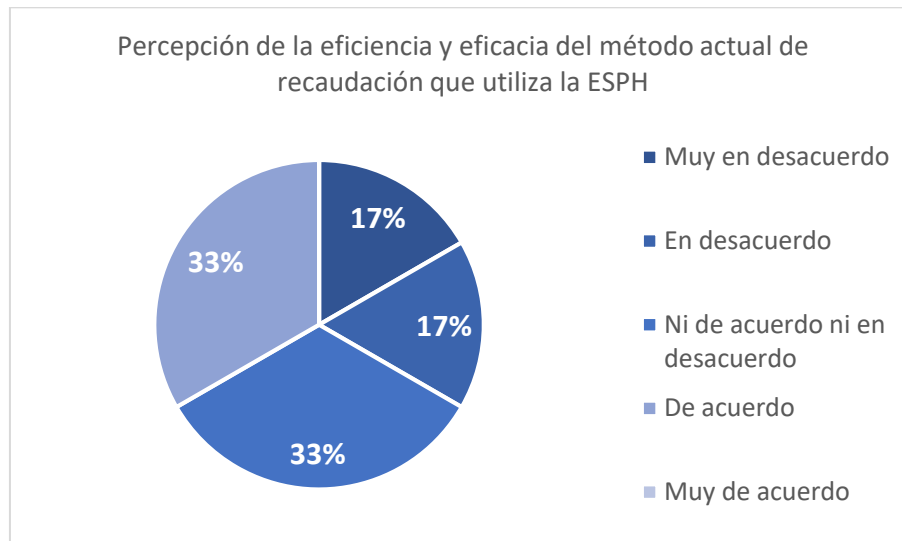
Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación

Además de las 7 consultas realizadas presentes en la matriz, se aplicaron 3 consultas adicionales de respuesta libre, cada una de las consultas y las opiniones de los encargados de los procesos de la ESPH, se detallan a continuación.

4.4.1.2 Eficiencia y eficacia del método actual de recaudación que utiliza la ESPH.

Aunque el sistema de recaudación que utiliza la ESPH podría considerarse como un proceso que se realiza de manera manual, los entrevistados creen que desde el punto de vista de lo que ha manejado la ESPH hasta el momento llena las expectativas de tiempo en cuanto a la recolección de la información necesaria para la recaudación, sin embargo, las opiniones se encuentran divididas con respecto a la eficiencia y la eficacia como lo muestra el gráfico N°1.

Gráfico N° 1 Percepción de la eficiencia y la eficacia del método de recaudación de la ESPH



Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación.

Dentro de los aspectos positivos resalta que este proceso se basa en una planificación ordenada y adecuada, pensada meticulosamente para ser realizada precisamente con los recursos operativos con los que se cuentan.

Otro aspecto importante por considerar es que el porcentaje de morosidad que presenta la empresa es sumamente bajo en comparación con otras compañías, que permiten que se acumulen varios meses antes de ejecutar una suspensión del servicio. La cantidad de facturas pendientes, es bastante baja en la empresa.

Todo este proceso se ha optimizado con el tiempo, al punto que el proceso de lectura presenta un bajo indicador de errores de lectura, tomando en cuenta los servicios de agua y luz, la cantidad de medidores leídos por mes asciende a los 159000 servicios, y de esos se incurre en menos de 100 errores de lectura mensuales según datos del departamento de lectura.

Dentro de los aspectos negativos del proceso se encuentra que es realizado de una forma muy manual y rudimentaria, el cual presenta un alto índice riesgo, además tiene un alto margen de error humano, que podría causar alguna molestia a los clientes, evidenciando las falencias del proceso.

Uno de los mayores impactos presentes en la forma de recolectar las lecturas de los medidores es el tiempo que transcurre entre la lectura del servicio y el cobro, lo que afecta el flujo de caja de la ESPH, provocando que, desde el punto de vista de lo que requiere a futuro la empresa, se vuelva un proceso ya, ineficiente e ineficaz para llenar las exigencias que demandan los negocios actuales, provocando que deban buscar nuevos métodos y nuevos sistemas que pueda mejorar la recaudación en cada periodo.

4.4.1.3 Practicidad del proceso de recaudación para la ESPH.

La entrevista realizada a los miembros de la ESPH refleja que actualmente el sistema utilizado si es práctico para la empresa, porque para leer los 15 ciclos, y las 160 rutas, y los 89000 medidores la cantidad necesaria de personal humano para realizar la lectura en un solo día sería imposible y costoso para la empresa. Esta segmentación en ciclos y rutas se da debido a la capacidad operativa que tiene la empresa.

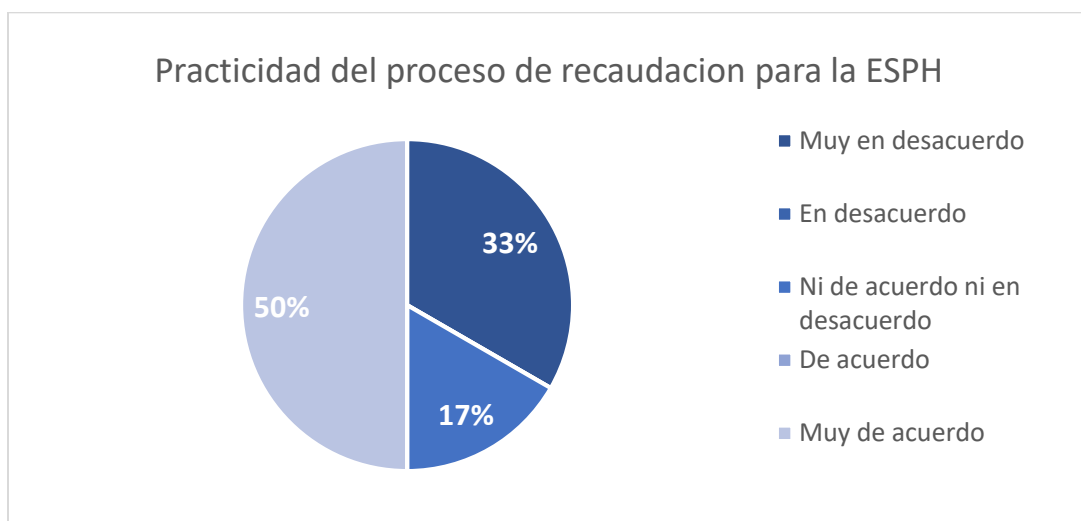
Sin embargo, también muestra una perspectiva negativa ya que, para los encuestados, esta forma de leer dejó de ser practica desde hace unos 5 o 6 años, este método empezó a causar dolencias desde el punto de vista físico, debido a que las personas que realizan la lectura presentan enfermedades que también presenta un costo elevado para la ESPH. El personal encargado de

desarrollar estas tareas, presentan problemas físicos por los años de realizar la labor. Esto conlleva a que periódicamente la empresa deba buscar nuevo personal, entrenarlo y adaptarlo a la ESPH de forma rápida con el fin de no afectar la lectura.

Además, el proceso es sumamente susceptible, el hecho de que falte una persona ya sea por enfermedad, o vacaciones, modifica completamente el esquema de lectura. Una o dos personas fuera, provoca un cambio total del panorama y de la planificación que el departamento de lectura ha realizado.

La naturaleza del proceso genera algunas problemáticas asociadas, como por ejemplo el tema de las previas, el cual el personal debe ir a buscar al campo datos que fueron mal ingresados, producto de errores.

Gráfico N° 2 Percepción de la practicidad del proceso de recaudación de la ESPH.



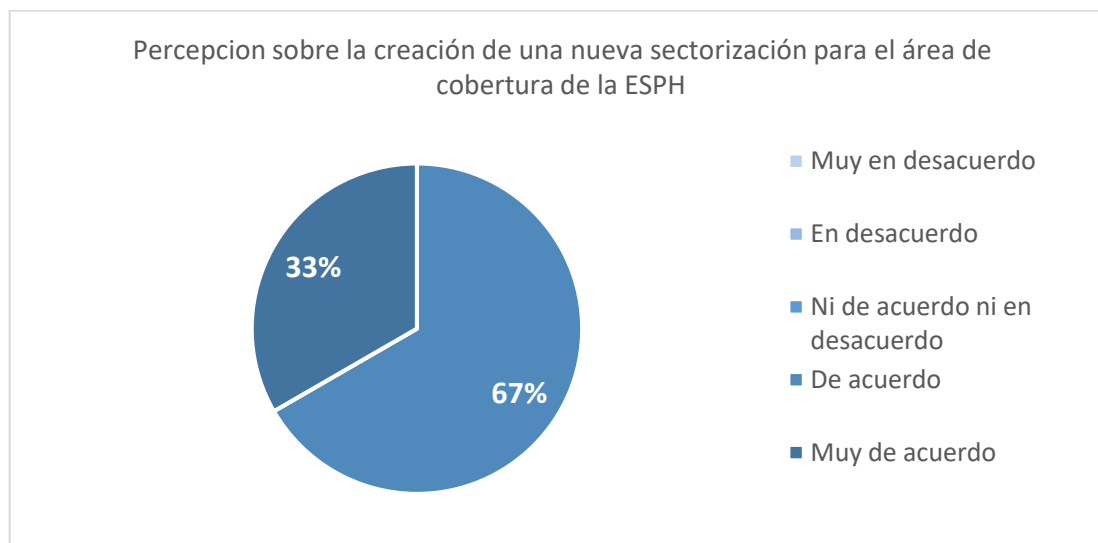
Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación

El gráfico N°2 muestra la percepción que tienen los entrevistados acerca de la practicidad de este proceso, donde el 33% de las opiniones se encuentran en desacuerdo al consultar si el proceso es práctico, ya que creen que se debe mejorar, mientras el 50% muestran una aceptación del proceso, dado las circunstancias actuales y la forma de trabajar de la empresa.

4.4.1.4 Percepción sobre la creación de una nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH.

En la pregunta N°3 del instrumento de la entrevista realizada para el multivoto, se hace referencia a la percepción que tienen los entrevistados sobre la posibilidad de crear una nueva sectorización, con el fin de eliminar la actual forma de ciclos y rutas utilizado actualmente para la toma de lecturas.

Gráfico N° 3 Percepción nueva sectorización para los clientes de la ESPH.



Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación.

El gráfico N°3 muestra que los encargados de las diferentes áreas estarían de acuerdo con la idea de crear una nueva sectorización que ordene de una mejor manera los clientes de la empresa, y que logre contemplar el levantamiento de la información de una manera más sencilla.

La principal razón es que el método de ciclos y rutas está diseñado en base a la capacidad humana del personal, y que las rutas definidas actualmente, funcionan únicamente como una forma de ordenamiento geoespacial, pero no tienen ninguna otra utilidad, por el contrario, una nueva sectorización podría dar más información de los clientes de una zona en específico.

Esta sectorización debe de verse como un tema que facilite la recopilación de los datos que, en algún momento llegue a convertirse en información valiosa y oportuna para la ESPH.

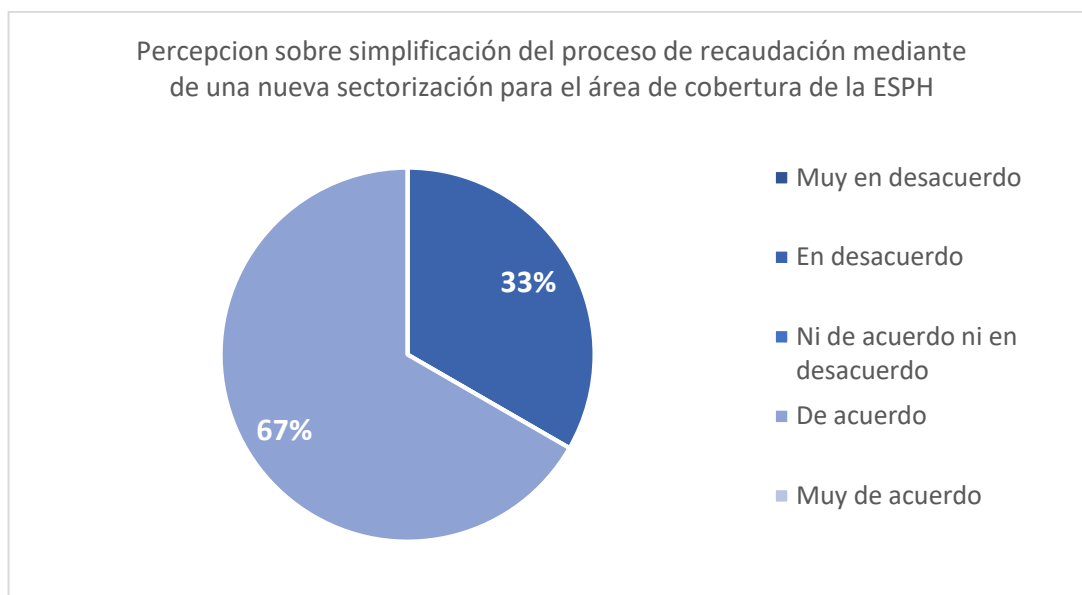
Con la creación de un esquema de automatización fluido, es decir, donde la captura y el traslado de la información para la facturación, sea más limpio, directo y eficiente, es probable que se deba hacer una redistribución de ciclos y rutas, readecuarlos, concentrarlos para siempre buscar la mayor eficiencia en términos de tiempo de recaudación.

4.4.1.5 Percepción sobre la simplificación del proceso de recaudación mediante una nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH.

En cuanto a la percepción de los entrevistados con respecto a los beneficios de emplear la nueva sectorización con el fin de simplificar el proceso de recaudación, el 67% de las opiniones son positivas, mientras el 33% no está

de acuerdo en que la nueva sectorización viene a simplificar el proceso de recaudación, ya que el proceso de lectura se realizaría de la misma manera, distintivamente de la distribución.

Gráfico N° 4 Percepción sobre la simplificación del proceso de recaudación mediante nueva sectorización para el área de cobertura de la ESPH



Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación.

Además, los entrevistados creen que las nuevas sectorizaciones podrían ayudar enormemente a simplificar el levantamiento de información de la empresa, logrando un ordenamiento más eficiente de la recolección de información, determinando cuales son los sectores que más podrían dar recursos inmediatos a la ESPH por las características socioeconómicas y operacionales, o de acuerdo con el uso final de la energía, entendiéndose residencial, comercial o industrial.

Así mismo, existe la percepción de que se podría reducir aún más los tiempos de recaudación y recuperación de ingresos, mejorando la asignación de recursos que realiza la ESPH en cada una de las zonas, siendo esto un punto positivo para la parte financiera de la empresa.

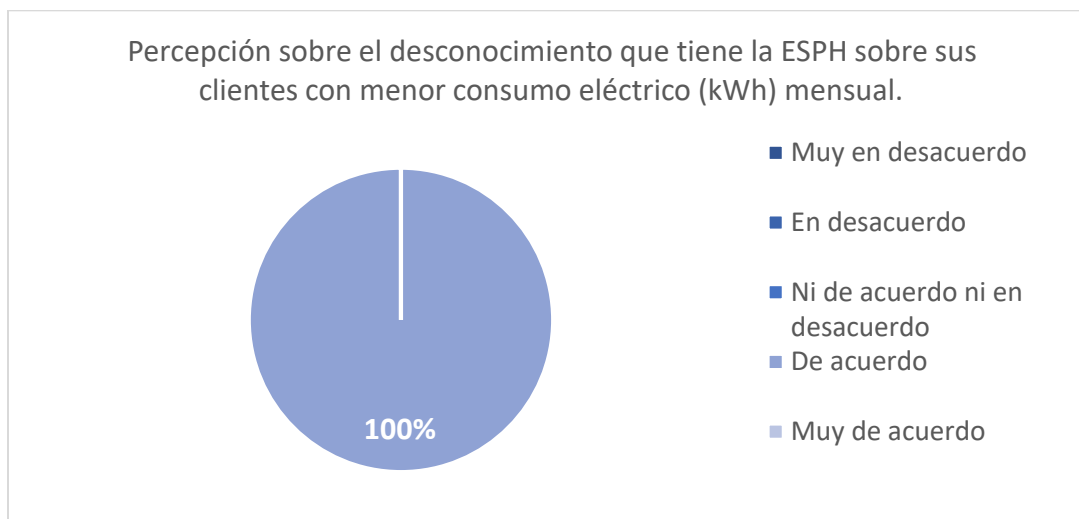
Sin embargo, son enfáticos en que la empresa no solo brinda el servicio de energía, y que la facturación debe ser un proceso integral, que incluya el negocio de agua potable y alcantarillado, por lo que el proceso debe realizarse con la finalidad de realizar una automatización total de todo el proceso aprovechando los beneficios que la nueva sectorización permitiría, y maximizando el impacto a nivel empresarial, comercial, de mercadeo y operativo.

4.4.1.6 Percepción sobre el conocimiento que tiene la ESPH sobre sus clientes con menor consumo eléctrico (kWh) mensual.

Con la realización de la entrevista para el multivoto, se busca conocer si la ESPH tiene conocimiento de los patrones de consumo de sus clientes residenciales, preferenciales, comerciales e industriales con consumos inferiores a 3000kWh al mes, de la misma forma que conoce a sus clientes industriales de mayor consumo eléctrico mensual.

El grafico N°5 demuestra que el 100% de las personas entrevistadas están de acuerdo en que la ESPH ha dejado de lado a este grupo tarifario, ya que se cuentan con recursos limitados, y actualmente no se tiene la capacidad para hacerlo.

Gráfico N° 5 Percepción sobre el desconocimiento que tiene la ESPH sobre sus clientes con menor consumo eléctrico (kWh) mensual.



Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación.

Este tema lo ven como una prioridad ya que, actualmente las bases de datos no cuentan con contactos telefónicos en su totalidad, lo que no permite realizar un pequeño perfil de los clientes residenciales, o comerciales. También se desconoce los patrones de consumo de los clientes. Con la tecnología actual no se puede ver los perfiles de los clientes, como se comportan y como afectan a la empresa.

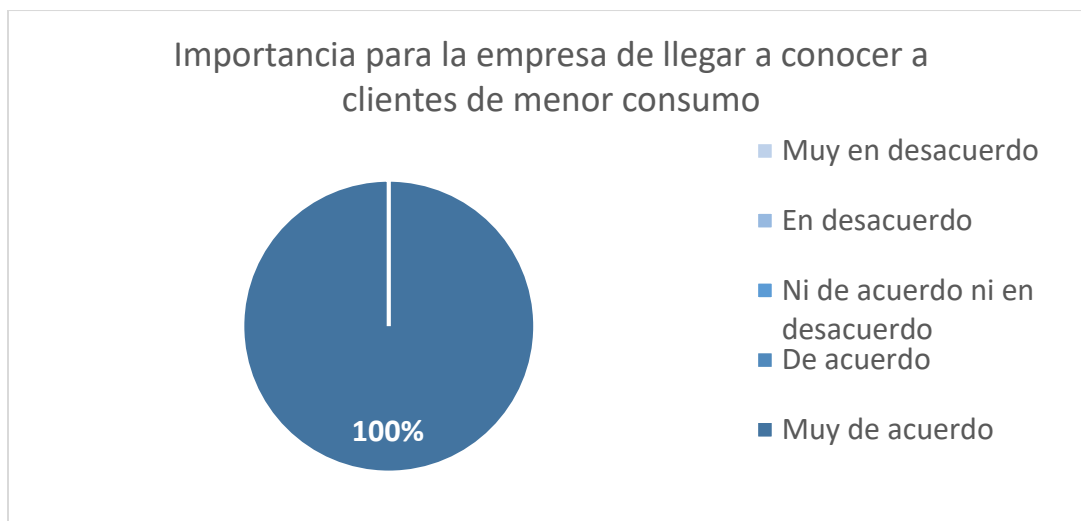
Los entrevistados concuerdan con que la empresa tiene una expectativa y una preferencia con respecto a los clientes que brindan los mayores recursos a la empresa, tiene toda la estructura general enfocada en estos clientes. Sin embargo, el conocer mejor a los clientes más pequeños sería una buena forma de poder detallar las curvas de consumo de cada uno, en ellas existe información implícita que podría ser muy importante para un sinnúmero de decisiones que la empresa podría tomar a futuro.

4.4.1.7 Importancia para la empresa de llegar a conocer a clientes de menor consumo

La importancia que representa para la ESPH el brindar un seguimiento adecuado a los clientes residenciales y comerciales de menor consumo en kWh mensual, es trascendental para su futuro.

El grafico N°6 muestra que el 100% de las personas entrevistadas están muy de acuerdo en la importancia de contar con información mucho más detallada del consumo eléctrico de cada uno de los clientes y aprovecharla al máximo para así mejorar los procesos operativos de la empresa, planificar de la demanda, orientar los proyectos a futuro de la empresa, y conocer los patrones de comportamiento de los clientes.

Gráfico N° 6 Importancia para la empresa de llegar a conocer a clientes de menor consumo eléctrico mensual en kWh mensuales.



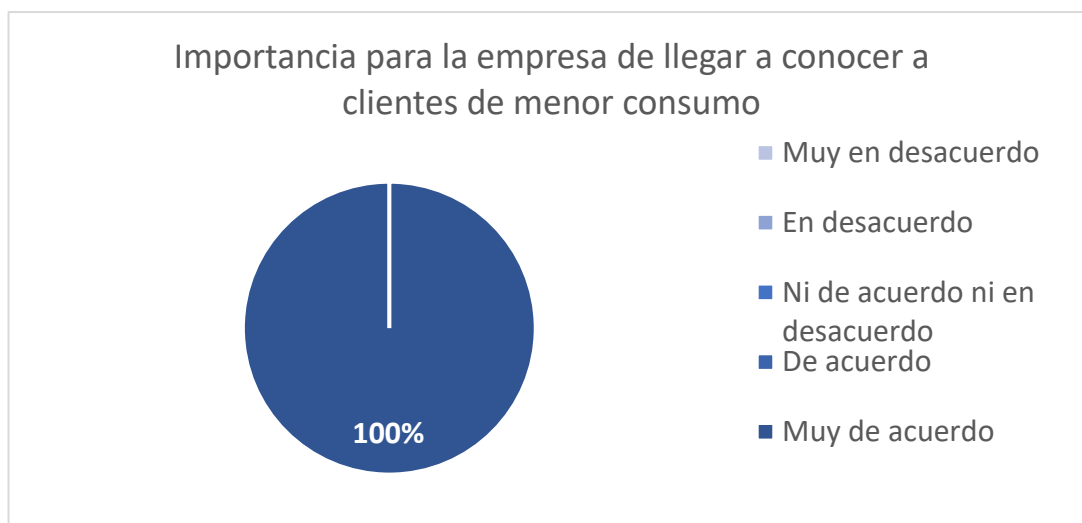
Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación.

Además se considera que se debe tomar en cuenta que estos clientes representan un porcentaje muy alto del total de los clientes, y el contar con mejor información conlleva a que la ESPH pueda adelantarse a oportunidades de negocios que surjan en un futuro, como lo son: generación distribuida y vehículos eléctricos, ya que las empresas distribuidoras a nivel mundial, están viviendo una disminución por concepto de ventas de energía eléctrica, y la única solución dentro del tipo de negocio, es en temas relacionados con la electricidad, pero en temas no regulados.

4.4.1.8 Necesidad de modernizar los sistemas de Medición de la red eléctrica en la ESPH

Otra de las preguntas realizadas se enfoca en buscar la apreciación del personal de la ESPH sobre la necesidad de modernizar los sistemas de medición instalados en la red eléctrica.

Gráfico N° 7 Importancia para la empresa modernizar los sistemas de medición



Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación.

El gráfico N°7, muestra que el 100% de los entrevistados están muy de acuerdo en la necesidad de modernizar los equipos y así mejorar las condiciones de medición, tanto para la empresa como para los clientes, con el fin de que los últimos también tengan información de primera mano, y puedan comprender lo que están consumiendo y puedan tomar medidas desde el punto de vista de eficiencia y eficacia para su gestión propia.

Además, la ESPH necesita brindar un servicio a sus clientes con toda la certeza y toda la capacidad lo que el cliente necesita, y esto lo logra modernizando los sistemas de medición, y de esta manera, modernizar a toda la empresa por igual.

A su vez, el país se encuentra en una transición en la forma de medir, y las autoridades reguladoras están creando las tarifas que vienen en el corto y mediano plazo, como la tarifa horaria y prepago, las cuales van a requerir equipos de medición más exactos e inteligentes, y la ESPH debe estar preparada para esos cambios.

4.4.1.9 Impacto de implementar de una infraestructura de medición avanzada en la ESPH, en ámbitos financieros, humanos y operativos

Dado que una correcta implementación de la Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) repercute en una amplia variedad de beneficios para la empresa distribuidora, se consultó sobre tres aspectos fundamentales en la gestión de la empresa, el ámbito financiero, humano y operativo.

4.4.1.9.1 Impacto ámbito financiero.

Dentro de los impactos financieros más importantes, los entrevistados encuentran que la implementación de un sistema de medición más eficiente, agiliza los procesos de frente a los compromisos que tiene la empresa con sus proyectos, tanto de generación como en distribución, ayuda a que la ESPH tenga un mejor manejo sobre el flujo de efectivo.

La reducción en los tiempos de recaudación le ayudaría a la empresa a realizar el cobro de una manera más eficiente ya que permite tener la información necesaria para el cobro mucho más rápidamente, y de esta forma dar un mejor uso del recurso dinero, ya que no se tendrían que pagar atrasos ni multas que la ESPH paga en este momento para mitigar el efecto de este tipo de consideraciones a más largo plazo.

Este sistema permite calcular mejor las pérdidas eléctricas al comparar lo facturado por la ESPH a cada uno de sus clientes con la facturación que realiza el ICE a la empresa.

4.4.1.9.2 Impacto ámbito humano

En el ámbito humano se encuentran mejoras considerables en acondicionar las condiciones del personal presente en los procesos, reduciendo el impacto a nivel de salud ocupacional que la lectura representa.

Además, los colaboradores que actualmente están en dichos procesos tendrían la posibilidad de capacitarse y reorientarse para que sean parte del nuevo modelo que implica el AMI, aprovechando los recursos existentes en

áreas donde estos son limitados, cubriendo así deficiencias en otras áreas, permitiendo el crecimiento de los colaboradores.

4.4.1.9.3 Impacto ámbito operativo

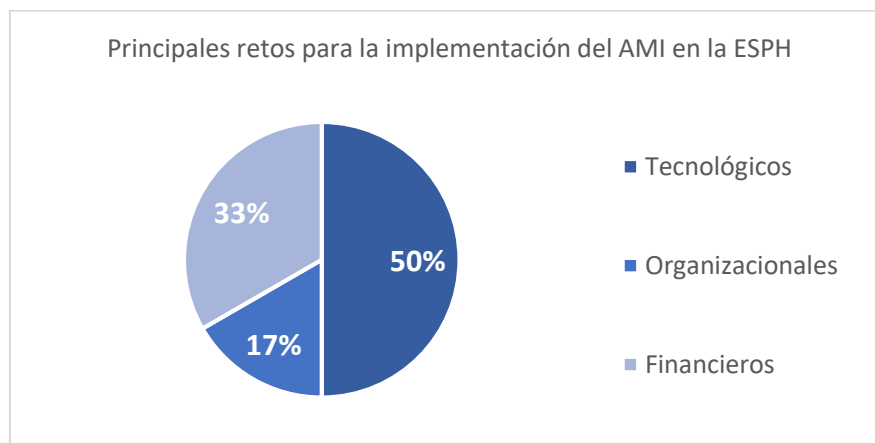
Otro de los beneficios es en el ámbito operativo, según los entrevistado en este campo, este proyecto presenta un impacto inmenso, ya que crea toda una cultura organizacional diferente a como se han hecho las cosas desde los últimos 25 años.

La mejora en la eficiencia y eficacia de estos procesos como facturación, atención de averías, alumbrado público, control de la red y monitoreo, se ve beneficiados con el impacto de este proyecto. En cuanto al mantenimiento de la red, la empresa llegaría a dar un servicio preventivo, en lugar del correctivo que realiza en este momento, y que significa grandes inversiones.

También se vislumbra dejar de pagar servicios como cortas y reconexión, brindando un impacto positivo de cara al cliente, al hacerlo de una forma más rápida, ágil y eficiente.

4.4.1.10 Retos de la ESPH al implementar AMI

Al consultar a los entrevistados sobre los mayores retos a los que podría enfrentarse la ESPH en el momento de implementar el AMI, se encontró que existen 3 grupos predominantes, donde el 50% de las opiniones guardan una relación con temas tecnológicos, el 33% con temas organizacionales y el restante 17% con temas financieros.

Gráfico N° 8 Principales retos para la implementación del AMI en la ESPH

Fuente: propia, elaborado con datos tomados del proceso de multivotación.

Dentro de los riesgos tecnológicos, destacan el manejo de los datos para convertirlos en información, y a su vez darle un buen uso en el momento de tomar decisiones importantes para el negocio. La ESPH carece de una estrategia para comenzar a manejar esos datos. Además, la automatización de los procesos debe ser inminente, y esta automatización debe ser lo más rápida posible, para que los beneficios asociados al proyecto puedan aprovecharse lo más pronto posible.

Si la empresa puede anticiparse a esos cambios lo más pronto posible, podría generar otros planteamientos hacia los diferentes avances tecnológicos y adaptarse a los planes que los clientes requieren a futuro en este servicio, y con ello mejorar la eficiencia y reducir las pérdidas.

Entre los retos financieros sobresale la necesidad de obtener los recursos para poder llevar a cabo el proyecto, el costo de la implementación es bastante elevado, lo que lo convierte en un tema de disponibilidad de los recursos, sin afectar a los clientes por conceptos de tarifa.

Los retos organizacionales enfatizan en que es un tema cultural de la empresa, donde se debe de cambiar la manera de realizar los procesos en los proyectos, ya que el AMI generará un impacto en las personas y se busca que se tenga un claro entendimiento de la lógica que se pueda implementar con el sistema.

Además, la comunicación interna y externa debe ser fluida, y de forma bidireccional, es decir, tanto para el cliente interno como el externo. Los clientes deben ser parte del proceso para que puedan entender los beneficios que le esperan en el momento la implementación.

4.4.1.11 Camino a seguir por la ESPH, una vez implementado el AMI

Entre las opiniones de los entrevistados sobre el camino que debe seguir la ESPH una vez implementado el AMI, resalta el establecimiento de esquemas de mantenimiento adecuados, asegurando los recursos para mantener la red de la mejor manera posible, para que la malla trabaje de forma óptima el 100% del tiempo.

Otro aspecto importante es la automatización de la lectura en todos los servicios de la empresa, ya que, además del servicio de energía, la empresa brinda servicio de agua potable. Si ambos servicios no están bien complementados, sería muy difícil llegar a automatizar la facturación en un corto plazo.

El sistema de gestión AMI debería de trabajar como una plataforma unificada y de ahí en adelante los proyectos encaminados precisamente en

aquellos que pretendan mejorar la eficiencia y reducir costos, con el fin de impactar la tarifa final el cliente.

Es importante establecer un área responsable del análisis de la información, coordinando con Desarrollo Humano, el cambio y la mejora de los procesos, y así convertir toda esa información en datos valiosos, ordenando todo el proceso de recaudación.

4.4.1.12 El futuro de la ESPH, luego de implementar el AMI

Dentro de las expectativas que tienen los entrevistados acerca del futuro que depara a la ESPH una vez implementado el AMI; los líderes de las diferentes áreas son enfáticos en señalar que la ESPH sería una de las empresas más modernas, desde el punto de vista de empresa distribuidora, con un ejemplo de sostenibilidad importante desde el punto de vista económico y de servicios, se estaría encaminando en la nueva industria 4.0, tomando en cuenta todos los procesos de automatización, utilización de tecnología y vigilancia de sus redes.

La implementación tendría un beneficio no solo a nivel comercial, sino que va a permitir el crecimiento del personal de la empresa, mejorando sus capacidades técnicas, con la finalidad de aumentar el nivel de confianza de los clientes, la empresa será mucho más eficiente y eficaz, ya que permitiría conocer mejor al cliente, mejorando desde el punto de vista operativo los procesos, permitiendo analizar de mejor manera la información, mejorando las tarifas de la empresa, creando una empresa más competitiva de cara a los clientes.

CAPÍTULO V

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5.1 DESCRIPCIÓN DEL CAPÍTULO

El presente capítulo pretende mostrar el diseño de una nueva sectorización para el área de cobertura de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, que permita ordenar los contadores eléctricos utilizando su ubicación geoespacial, aprovechando la división política existente en el país, con el fin de simplificar la toma de los registros de consumo de los clientes y el análisis de la información, dejando atrás la estructura de ciclos y rutas con la que ha trabajado la ESPH durante muchos años.

Para lograr el objetivo de marcar las pautas para la implementación de la infraestructura de medición avanzada, también se realizará una estratificación de los clientes, en base al histórico de registro de consumos eléctricos, con el fin de localizar, mediante mapas de calor y sistemas de análisis en clúster, los clientes que presentan mayor consumo, y así dirigir el reemplazo de medidores hacia aquellos clientes que, en un corto plazo, podrían significar mayores ingresos a la empresa.

5.2 LA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA

La Infraestructura de Medición Avanzada o AMI por sus siglas en inglés (Advanced Metering Infrastructure), nace aproximadamente hace 20 años, producto de la necesidad de renovar los antiguos contadores electromecánicos, sustituyéndolos por dispositivos digitales, pero además con el fin de suplir la necesidad de comunicar estos dispositivos con las empresas prestatarias del servicio eléctrico.

Esta red inteligente está compuesta de diversos dispositivos de control y medición o “*Endpoints*”, redes de comunicación, y sistemas de gestión de datos, cuya función principal es compilar, transmitir y registrar en intervalos de tiempo especificado por la empresa distribuidora del servicio público.

Todos los datos generados por los equipos de medición dentro de los intervalos son fundamentales para desarrollar una transformación de los servicios públicos permitiendo desarrollar estrategias de mejora continua en base a los conocimientos adquiridos de los clientes por la organización.

Básicamente es la red eléctrica la que se comunica ahora con un sistema de gestión, es decir, hoy podemos responder, en tiempo real, unas de las incógnitas más importantes de las empresas distribuidoras: ¿cuándo? ¿dónde? y ¿cómo? se produce electricidad en los hogares, comercios e industrias y como se consume con el fin de optimizar los procesos, lograr una mejor identificación de los ingresos, reducir costos y mejorar las experiencias con el cliente.

Aunque el AMI comprende una serie de tecnologías en diferentes áreas de ingeniería, comunicación y gestión, que se entrelazan con el fin de brindar información en tiempo real de las operaciones de la empresa, y así mejorar la calidad de la prestación gracias a los datos obtenidos, este sistema no podría funcionar sin su componente más importante: el “*Smart Grid*” o malla inteligente. Cuya función principal es la de establecer una red de comunicación a los dispositivos o “*endpoints*” que se instalen en la red de distribución eléctrica tales como contadores eléctricos, sensores, controladores del Alumbrado Público, entre otros.

Figura N° 24 Ecosistema AMI



Fuente: Dato tomado del Manual Landis & Gyr 2016 (98-1348 CC Intro Training_DRAFT 11.28.16A.pdf, s. f.)

Las Smart Grids se podrían definir como: “La evolución del sistema que gerencia la demanda eléctrica de una manera sostenida, económica y confiable, construida sobre una infraestructura ajustada para la integración de todos los involucrados” (Falco, 2011)

Con las redes inteligentes, las empresas son capaces de entender el entorno eléctrico y el comportamiento de los clientes, y una vez gestionada la información sacar la verdadera potencialidad de los datos que se generan continuamente a través del tiempo, utilizando la información generada a partir de sistemas AMI centrales y sistemas de gestión de datos de medidores (MDM).

El proceso de adoptar AMI supone para las ESPH sobrellevar múltiples ciclos de integraciones, estrategias de administración y almacenamiento de datos, herramientas y arquitecturas de soluciones nuevas, con el fin de ser útil al momento de tomar decisiones y acciones más informadas.

Los casos de unos más importantes podrían segmentarse en 3 grupos:

- A. Mejora de la prestación del servicio.
- B. Mejora del proceso de facturación.
- C. Análisis y mejora de la cobranza

Tabla N° 18 Casos de uso para la mejora de la prestación del servicio

Caso de uso	Proceso analítico
Medición Neta, Sub-medición y otros escenarios de medición complejas	Los datos granulares de consumo permiten a las empresas de servicios públicos mapear los flujos de energía en sus líneas eléctricas, y desde ellas hasta los puntos de medición instalados en su red. Esto permite a las empresas de servicios públicos facturar de una manera más eficiente reduciendo las pérdidas eléctricas no técnicas.
Capacidad del alimentador y su funcionamiento	Los datos de consumo, voltaje y factor de potencia de cada punto de consumo en alimentadores distribuidos geográficamente, permiten a las empresas de servicios públicos analizar los parámetros de energía clave en las líneas de distribución, con el fin de localizar equipos problemáticos de confiabilidad y capacidad del servicio.
Calidad y continuidad del servicio	La capacidad de analizar caídas y aumentos de voltaje en un punto de consumo individual permite que una empresa de servicios públicos aborde problemas de capacidad o diseño. Los datos de los medidores inteligentes son inmensamente valiosos para evaluar la carga en el transformador (pico y nominal), lo que permite a la empresa de servicios públicos planificar actualizaciones de transformadores y programas de reemplazo para minimizar las interrupciones antes de que ocurran.
Análisis Interrupción avanzada	Con las capacidades de "último suspiro" del medidor inteligente, junto con los eventos registrados, el análisis y la predicción de interrupciones se vuelven significativamente más precisos. ("Último suspiro" se refiere a una transmisión corta que hace un medidor inteligente cuando pierde energía, generalmente para señalar la pérdida de energía y, a menudo, para especificar la hora y la fecha de la interrupción). Esto ayuda a mantener un índice de duración promedio de interrupción bajo y beneficiando a los clientes restaurando la electricidad más rápido después de un corte.
Segmentación de la demanda	La demanda total calculada en función del consumo se puede analizar desagregando la demanda en múltiples secciones transversales o segmentos. La interacción de estos segmentos mejora la capacidad de predecir la demanda.
Calidad de energía	Con los medidores inteligentes que capturan perfiles de voltaje, caídas de voltaje y aumentos de voltaje a nivel del consumidor, el rendimiento del alimentador, incluida la calidad del alimentador y las interrupciones intermitentes, se puede capturar con alta fidelidad. En los casos en que los voltajes se pueden administrar a los límites inferiores especificados por el regulador de confiabilidad.

Análisis de pérdidas técnico y No Técnicas	Los transformadores de distribución se pueden seccionar para aumentar la confiabilidad del servicio, y de ser necesario, la reconfiguración de la red eléctrica mediante el uso de datos AMI para medir las pérdidas técnicas y no técnicas con mayor precisión. Los datos de AMI proporcionan una medida real de las pérdidas totales en el transformador de distribución y una guía para apuntar a la desviación y el robo de energía.
--	--

Fuente: Data Analytics for Advanced Metering Infrastructure. (World Bank Group, 2018)

Los controles de calidad de lectura (CCL) adecuados, garantizan la calidad de los datos de lectura del medidor antes de la facturación. Aunque los medidores inteligentes brindan una gran cantidad de información, los CCL se limitan a los datos del medidor utilizados específicamente para la facturación.

Estos controles garantizan que los medidores se midan y facturen con precisión. Los CCL comparan cada conjunto de datos del medidor en la fecha de la lectura con los respectivos datos del consumidor y las sus históricos de consumo, en caso de ser necesario, y de acuerdo a las especificaciones de la ESPH, generan una lista de excepciones para medidores que es necesario volver a leer.

Los casos de uso AMI se direccionan específicamente en la reducción y la prevención de fugas en los ingresos.

Tabla N° 19 Casos de uso para la mejora del proceso de facturación

Caso de uso	Proceso analítico
Altos o bajos consumos	Comprueba las variaciones en la tendencia de consumo de un consumidor en particular utilizando los datos de consumo (kWh) de los medidores
Lecturas incorrectas	Comprueba si hay lecturas erróneas en consumo de energía del medidor, como fugas; verificar consumos muy elevados o negativos.
Factor de potencia bajo	Comprueba el valor del factor de potencia por debajo del umbral definido por la empresa de servicios públicos.

Consumo cero	Comprueba si las lecturas de kWh del mes anterior y del mes actual son las mismas, de modo que el consumo mensual resultante sea cero.
Consumo Negativo	Comprueba si el monto de la factura del mes actual es negativo, este proceso se descarta en caso de existir sistemas de Generación Distribuida en el inmueble

Fuente: Data Analytics for Advanced Metering Infrastructure. (World Bank Group, 2018)

La tabla N°19 enumera los controles de calidad de lectura mínimos que la empresa de servicios públicos podría realizar automáticamente antes de generar la factura correspondiente sus clientes.

La ejecución de análisis de datos enfocados a los procesos de facturación de los clientes puede proporcionar información tales como patrones de consumo, tendencias históricas de pago y comportamiento del consumidor.

Las empresas de servicios públicos pueden utilizar estos conocimientos para planificar diversas acciones en el campo que mejorarán su desempeño operativo y comercial.

Tabla N° 20 Casos de uso para la mejora del proceso de facturación

Función	Caso de uso	Proceso analítico
Mejoramiento de los centros de pago	Automatización del proceso de facturación y reducción de la cantidad de ciclos.	Optimizado el proceso para para mejorar la satisfacción del consumidor y aumentar la eficiencia del recurso
Predecir incumplimiento de pago de los consumidores	Análisis del comportamiento de pago del consumidor	Busca lograr una reducción en atrasos en la cancelación de la factura eléctrica, y mejorar el comportamiento de pago de los consumidores
Analítica para detección de robo de energía	Informes de eventos e historial de clientes con fraudes registrados	Ayuda a crear un historial más detallado de los clientes con fraudes registrados, reduciendo perdidas

Analítica quejas por altos consumos	Informes de quejas por altos consumos y satisfacción del cliente por factura emitida	Registro de quejas de los consumidores, producto de la lectura de contadores y facturación generada mensual
Análisis de medidor defectuoso	Informes de medidores con fallas	Registro de medidores con alarmas o algún tipo de problema que afecte la lectura y/o el proceso de facturación

Fuente: Data Analytics for Advanced Metering Infrastructure. (World Bank Group, 2018)

5.3 NUEVA SECTORIZACIÓN

En el capítulo 4 se identificaron las debilidades de utilizar el sistema de 15 ciclos y 148 rutas para capturar los registros de consumo de los casi 88000 medidores eléctricos existentes en la red de distribución eléctrica de la ESPH, con el fin de poder realizar la facturación a cada uno de sus clientes.

Proceso que, además de ser largo, presenta una serie de debilidades como el tiempo que transcurre desde la lectura para la facturación, hasta el momento en que se da la recaudación del dinero proveniente del cliente, o la susceptibilidad el proceso a factores externos que ponen en peligro el éxito de este, así como el impacto en la salud de los colaboradores que realizan la lectura.

La implementación del AMI viene a cambiar paradigmas dentro de la empresa, sobre la manera de realizar estos trabajos, permitiendo la automatización de la toma de lecturas, permitiendo una facturación más rápida y eficiente, dejando de lado las limitaciones humanas de hoy en día, que establecían la necesidad de emplear ciclos y rutas para realizar la ardua labor.

La capacidad de los nuevos equipos de comunicación, instalados en zonas estratégicas de la red, permite que gran cantidad de información se pueda

recopilar sin esfuerzo, dando paso a la creación de zonas mucho más grandes, con mayor cantidad de medidores, que se puedan leer y facturar el mismo día, acortando los tiempos de lectura y recaudación, mejorando el flujo de caja de la empresa.

A su vez, uno de los beneficios más importantes de la implementación del AMI, es la posibilidad de obtener datos importantes sobre el comportamiento de los clientes, entender las curvas de consumo facilitará la toma de decisiones de la ESPH, con el fin de mejorar el servicio brindado.

Con información más granular, y conocimientos más relevantes sobre la red, la ESPH puede realizar una planificación más integral del servicio, trabajando de una mejor manera la distribución, pronosticando la carga de los sistemas, dimensionando los transformadores y los circuitos con mayor precisión mediante el uso de la carga coincidente máxima real en lugar de supuestos.

Una correcta sectorización mejora el proceso del análisis de la información y el despliegue ordenado de la infraestructura, potenciando la gestión de la empresa, facilitando los procesos de lectura, facturación y suspensión de servicios por falta de pago, pero también tiene beneficios operativos al poder determinar cuáles sectores necesitan mayor intervención e inversión, un área de cobertura sectorizada permite obtener la capacidad de detectar, prevenir y responder de una mejor manera a fallas propias de la gestión, mejorando la continuidad del servicio y reduciendo las molestias a los clientes.

5.3.1 Propuesta de sectorización

La propuesta de sectorización para el área de cobertura de la ESPH se basa en la creación de diferentes áreas de medición distrital, o DMA por sus siglas en inglés, tomando como referencia la división política de la provincia de Heredia, provincia en que la empresa brinda el servicio eléctrico.

La infraestructura de medición avanzada (AMI), está conformada por medidores inteligentes para facilitar la comunicación entre los clientes y la empresa de servicios públicos, esta comunicación facilita el establecimiento de DMA's. ya que permite el monitoreo de sectores más pequeños y estructurados, con el fin de obtener datos sincronizados de consumo, dando como resultado una de las formas más rentables de detectar pérdidas eléctricas.

Cuando se analiza adecuadamente la información suministrada por los equipos de control de la red y los medidores inteligentes, esta información podría llegar a identificar pérdidas de energía entre los elementos de la red y pérdidas por robo de energía.

Esta sectorización cuenta con diferentes variantes, con el fin de facilitar el análisis de la información, proveniente de los diferentes equipos de medición inteligentes instalados en la red, tratando de homogeneizar los datos provenientes según los clientes y las áreas donde residen para la toma de decisiones de la empresa.

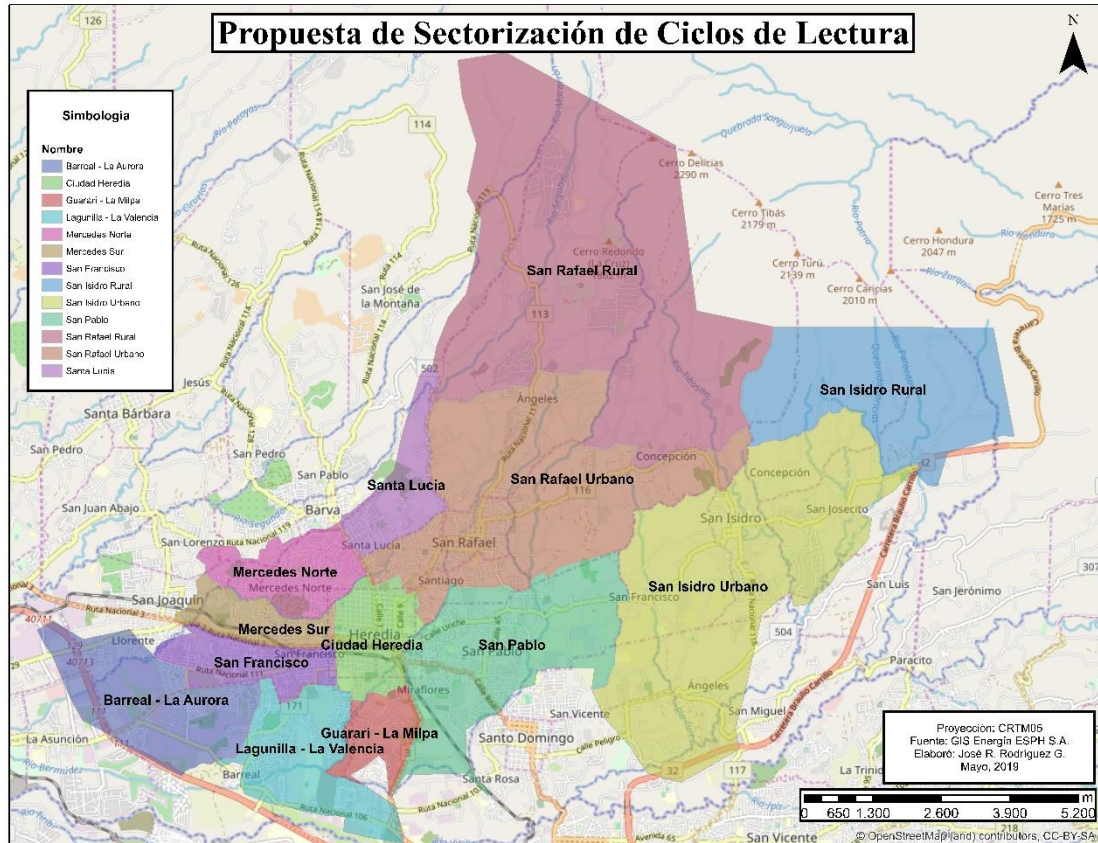
De esta forma las empresas prestadoras de los servicios eléctricos pueden observar y estudiar los comportamientos de cada zona de forma individual,

conocer mejor los patrones de consumo de sus clientes y establecer medidas preventivas y correctivas en busca de una mejora de los servicios brindados.

Entre las variantes podemos encontrar:

- A. Separación de los cantones de San Rafael y San Isidro en urbano y rural, debido a las diferencias que existen entre los clientes de las zonas montañosas y las más céntricas del cantón.
- B. Separación del cantón Heredia en sectores, tomando en cuenta la división distrital.
- C. Separación del cantón de Ulloa en zonas más homogéneas denominadas Lagunilla-La Valencia y Barreal-La Aurora.
- D. Separación del cantón San Francisco, separando los barrios La Milpa y Guararí para crear una nueva zona de medición.

Figura N° 25 Propuesta de sectorización área de cobertura ESPH.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Esta sectorización permite dividir el área de cobertura en 13 zonas geográficas, con mayor densidad de medidores, eliminando por completo las 160 rutas necesarias para realizar la lectura, simplificando en gran medida el proceso.

Esta nueva sectorización permite por si sola reducir en 4 días la facturación de la ESPH, ya que, en vez de tener los 15 ciclos de lectura regulares, que se leen en 17 días, se pasa a 13 sectores cada uno bien definido, y con condiciones similares entre sus clientes, creando la posibilidad de leer uno

diario. Sin embargo, debido a la naturaleza de la infraestructura, en cuanto a la lectura remota y automatizada, la ESPH tendría la oportunidad de decidir la cantidad de días en que desea facturar, hasta un mínimo de 1 día para los 88000 medidores si así lo decidiesen.

5.4 ESTRATIFICACIÓN DE LOS CLIENTES

El termino estratificación viene del verbo estratificar, y uno de sus objetivos es dividir o disponer en estratos reconocibles considerando criterios de categorización similares (Sémbler R. Camilo, 2006). Y, aunque existen múltiples mecanismos y factores que podrían incidir en el proceso de diferenciación y estratificación de los grupos en una sociedad, un factor primordial para cualquier empresa distribuidora del servicio eléctrico es el consumo en kWh mensual.

A pesar de que la ESPH cuenta con un área de concesión, para brindar el servicio eléctrico relativamente pequeña, no abastece a una población absolutamente homogénea en su composición, sino que presenta una diversidad siempre dependiente de las zonas a la cual se brinda el servicio. Estas zonas muestran diferencias sociales esenciales para establecer un modelo de estratificación relacionada a los intereses de la empresa.

Una correcta estratificación, delimitación y diferenciación de grupos con un consumo eléctrico similar seria determinante para desarrollar metodologías de trabajo buscando una mayor eficiencia de la red eléctrica, contribuyendo directamente en una mejor planeación de la instalación de elementos nuevos como transformadores con capacidad adecuada, o mejorando las condiciones

actuales de la red con calibres acordes al consumo eléctrico de las comunidades.

5.4.1 Estratos

Para determinar los rangos necesarios para la correcta estratificación de los clientes, se utiliza el diagrama de Pareto, con el fin de determinar esos clientes pocos vitales y los muchos triviales, que podrían acelerar la recuperación del monto invertido centralizando los esfuerzos necesarios en la implementación del proyecto.

Utilizando la base de datos que contiene el consumo promedio de todos los clientes, durante el periodo que comprende octubre 2019 hasta octubre 2020, combinado con las bondades de utilizar Pareto se determinan los estratos utilizando el resultado del porcentaje acumulado, segmentando los resultados en grupos de 20% cada uno.

Estos datos, y la cantidad de medidores perteneciente a cada estrato se muestra en la tabla N°21.

Tabla N° 21 Estratificación clientes ESPH

Estrato	Rango	Medidores por Estrato	Porcentaje del total
Alto	0 a 20%	2784	3%
Medio – Alto	20% a 40%	9210	10%
Medio	40% a 60%	14310	16%
Medio – Bajo	60% a 80%	20125	23%
Bajo	80% a 100%	41388	47%
Total		87817	100%

Fuente: elaboración propia con datos Negocio Servicio al cliente y Mercadeo.

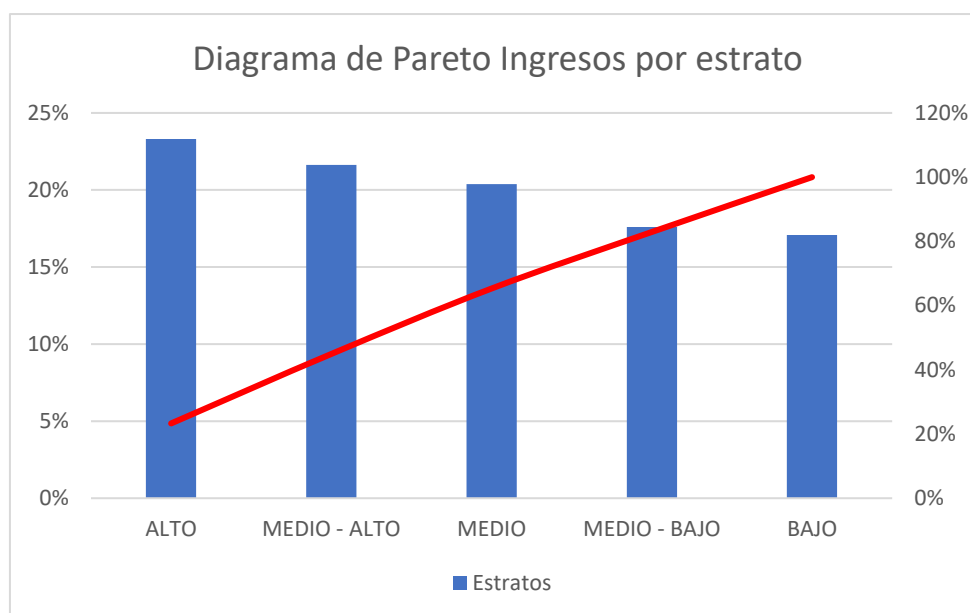
A continuación, se detalla el Diagrama de Pareto, utilizando los ingresos promedio mensuales de cada uno de los estratos. Ingresos que se detallan en la tabla N° 22.

Tabla N° 22 Ingresos por servicio eléctrico según estrato

Estrato	Ingresos por estrato	Porcentaje Ingresos
Alto	₪ 647,704,625.86	23%
Medio – Alto	₪ 601,454,581.12	22%
Medio	₪ 566,500,838.97	20%
Medio – Bajo	₪ 489,443,360.19	18%
Bajo	₪ 474,811,559.26	17%
Total	₪ 2,779,914,965.41	100%

Fuente: elaboración propia con datos Negocio Servicio al cliente y Mercadeo

Gráfico N° 9 Diagrama Pareto, ingresos por estrato.



Fuente: elaboración propia con datos Negocio Servicio al cliente y Mercadeo.

Los beneficios de la utilización de Pareto se muestran en el momento de establecer los costos asociados a la implementación del proyecto, y en la centralización de los esfuerzos en los clientes más vitales que tiene la organización.

Con un costo promedio de \$125 por cada medidor, el diagrama de Pareto demuestra que si la ESPH se enfoca en los clientes pertenecientes a los estratos Alto y Medio – Alto, podría alcanzar el 45% de los ingresos mensuales, con una inversión el 13% del total del proyecto, como lo muestra la tabla N°23.

Tabla N° 23 Cantidad de medidores e inversión en dólares para cada estrato

Estrato	Costo promedio de medidor	Cantidad de medidores	Inversion	Porcentaje del total
ALTO	\$ 125.00	2784	\$ 348,000.00	3%
MEDIO – ALTO		9210	\$ 1,151,250.00	10%
MEDIO		14310	\$ 1,788,750.00	16%
MEDIO – BAJO		20125	\$ 2,515,625.00	23%
BAJO		41388	\$ 5,173,500.00	47%
Total		87817	\$ 10,977,125.00	100%

Fuente: elaboración propia con datos Negocio Servicio al cliente y Mercadeo.

La tabla N°24 detalla la clasificación ABC realizada para los sectores que presentan mayor concentración de medidores pertenecientes a los estratos Alto y Medio-Alto, mediante esta clasificación se detallan los sectores en los que la ESPH debe enfocar sus esfuerzos para realizar un mejor aprovechamiento de los recursos y la plataforma de medición.

Tabla N° 24 Clasificación ABC de la sectorización ESPH para estratos Alto – Medio Alto

Sector	Estrato		Cantidad de medidores	Porcentaje del total	Porcentaje del total	Clasificación
	ALTO	MEDIO – ALTO				
SAN RAFAEL URBANO	362	1536	1898	16%	16%	A
SAN PABLO	308	1325	1633	14%	30%	A
CIUDAD HEREDIA	588	973	1561	13%	43%	A
SAN ISIDRO URBANO	239	908	1147	10%	53%	A
SAN FRANCISCO	148	794	942	8%	61%	A
GUARARI-LA MILPA	247	640	887	7%	68%	A
MERCEDES NORTE	122	724	846	7%	75%	A
LAGUNILLA-LA VALENCIA	154	608	762	6%	81%	B
SAN RAFAEL RURAL	143	518	661	6%	87%	B
MERCEDES SUR	110	523	633	5%	92%	B
BARREAL-AURORA	259	251	510	4%	96%	C
SANTA LUCIA	66	312	378	3%	99%	C
SAN ISIDRO RURAL	38	98	136	1%	100%	C
Total	2784	9210	11994	100%		

Fuente: elaboración propia con datos Negocio Servicio al cliente y Mercadeo.

5.5 ANÁLISIS POR MAPAS DE CALOR Y CLÚSTER

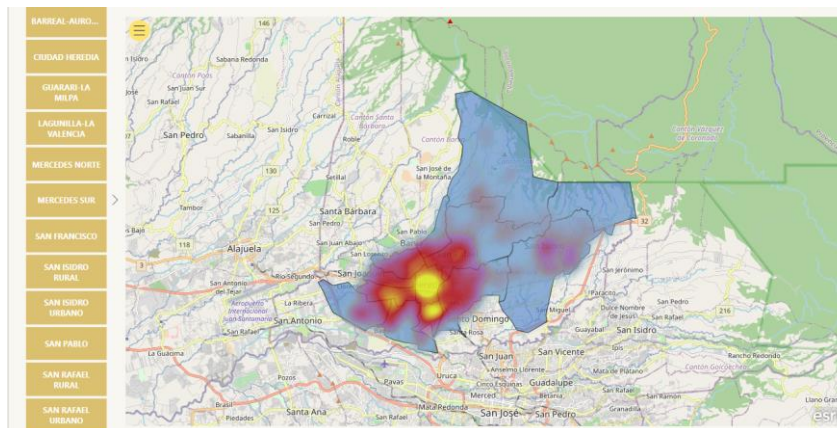
Luego de determinar los clientes que brindan mayores ingresos a la ESPH, es necesario transformar la información en sistemas de visualización más eficientes, con el fin de marcar las rutas que van a regir durante la implementación del proyecto una vez inicie la puesta en marcha.

Los mapas de calor se adecuan perfectamente a las necesidades, ya que muestran la concentración de clientes pertenecientes a los estratos más altos como color en dos dimensiones, dando señales visuales de fácil comprensión

sobre la forma en que los consumos eléctricos de los clientes de la ESPH se comportan y varían en el espacio.

La figura N°26 muestra la densidad de clientes pertenecientes a los estratos Alto y Medio-Alto dentro del área de cobertura de la ESPH, logrando identificar las zonas más rentables para iniciar con la implementación de la infraestructura de medición avanzada en la ESPH.

Figura N° 26 Heatmap estrato Alto y Medio-Alto.



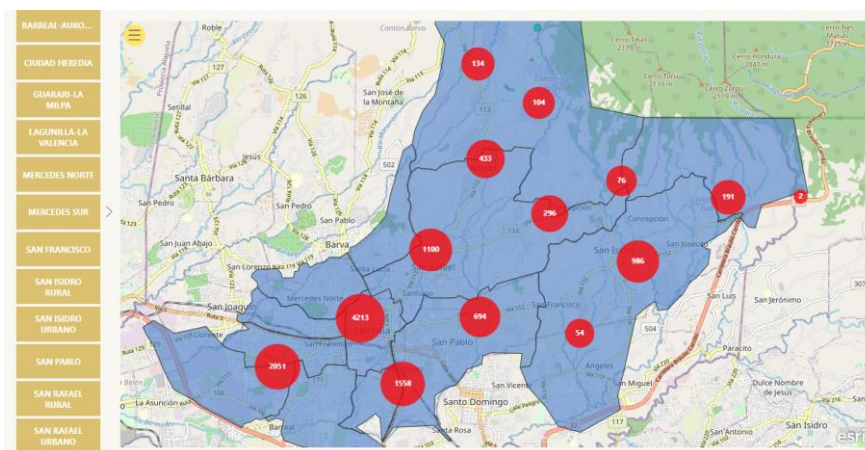
Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Para realizar un análisis más completo de la densidad de clientes perteneciente a los estratos de interés, se utiliza el sistema de agrupación por clúster, ya que ambos tienen la capacidad de complementarse uno al otro.

La utilidad del análisis en clúster es que, a diferencia del mapa de calor, muestra las cantidades de clientes pertenecientes a cada sector, permitiendo tener un conocimiento más amplio de los clientes.

La figura N°27 ejemplifica la utilidad de utilizar sistemas de análisis de datos estadísticos como el clúster, con el fin de poder determinar con mayor exactitud las necesidades del proyecto y marcar el rumbo a seguir.

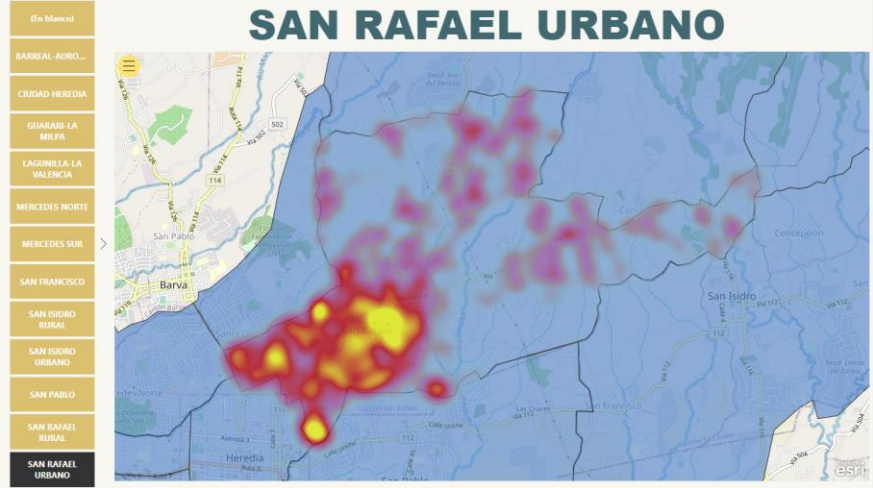
Figura N° 27 Análisis Clúster estrato Alto y Medio-Alto.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

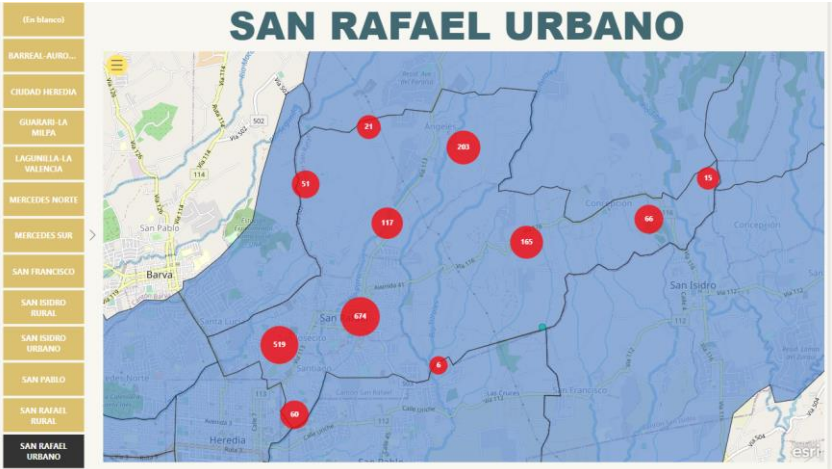
Estas dos metodologías nos ayudan a detallar de una mejor manera el sector San Rafael Urbano, el cual se usa como ejemplo al presentar mayor cantidad de medidores pertenecientes a los estratos que mayor impacto presenta sobre los ingresos de la ESPH.

Figura N° 28 Heatmap sector San Rafael Urbano.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Figura N° 29 Análisis Clúster sector San Rafael Urbano.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

5.6 PLAN DE IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE MEDICIÓN AVANZADA DE MEDICIÓN

Al establecer los clientes de los estratos que brindan mayores beneficios a la ESPH, se puede establecer un plan de acción para la implementación del AMI en el área de concesión del servicio eléctrico.

Este plan de implementación se basa en los recursos asignados en por la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (ARESEP), los cuales se muestran en la figura N°30.

Figura N° 30 Inversiones avaladas ARESEP

Sistema de Distribución Propuesta-Programa Adición de Activos- Detalle Técnico Período 2020-2022 (Millones de Colones)		
SISTEMA DISTRIBUCIÓN	2020	2021
Macroinversión		
Proyecto 1 "Implementación de Infraestructura avanzada 100%"	606.73	620.73
SUBTOTAL	606.73	620.73
Microinversión		
Cambio de medidores comerciales e industriales	25.16	26.39
Cambio de medidores residenciales	55.33	58.03
Reparación de averías con sustitución de medidores	61.07	65.89
Servicios Nuevos Comerciales e industriales Tipo 1, tipo 2 y tipo 3.	54.80	57.14
Servicios nuevos residenciales	174.23	182.80
SUBTOTAL	370.59	390.25
TOTAL SISTEMA DISTRIBUCIÓN	977.31	1 010.98

Fuente: Carpeta digital ET-080-2019

Con los montos anuales establecidos para los años 2021 y 2022 se desarrolla la propuesta de implementación, tomando en cuenta los costos fijos del proyecto, como licenciamientos y hosting de la plataforma, los recursos necesarios para el crecimiento, el control y el monitoreo de la red, y los medidores necesarios para la ejecución del proyecto.

Estos costos se muestran en la tabla N°25

Tabla N° 25 Costos anuales implementación proyecto AMI ESPH

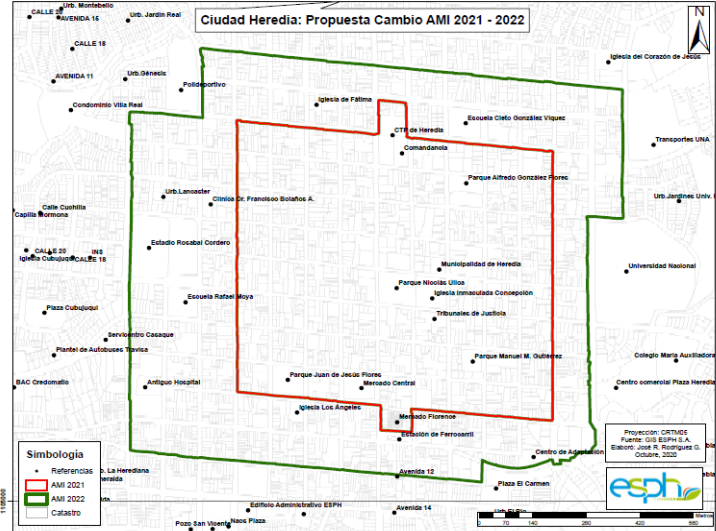
	Item	Cantidad	Precio Unitario	Costo Total
Licenciamiento y Almacenamiento anual	Hosting (almacenamiento de información) - Mensual	12	₺ 1,858,367.99	₺ 22,300,415.88
	TechStudio Software License (per user)	1	₺ 1,195,710.54	₺ 1,195,710.54
	TechStudio Annual Maintenance (per license)	1	₺ 239,142.11	₺ 239,142.11
	DA Monthly SaaS Fee - Mensual	12	₺ 1,047,114.14	₺ 12,565,369.64
	Street Light HES Software Monthly SaaS Fee	12	₺ 526,184.55	₺ 6,314,214.63
	Costo Total			₺ 42,614,852.80
Equipos de control de la red y comunicación	Controlador Alumbrado Público	500	₺ 111,420.00	₺ 55,710,000.00
	Router	18	₺ 1,238,000.00	₺ 22,284,000.00
	Colector	4	₺ 6,190,000.00	₺ 24,760,000.00
	Sensores Optanode	300	₺ 619,000.00	₺ 185,700,000.00
	Sensor de Linea	114	₺ 674,710.00	₺ 76,916,940.00
	Costo Total			₺ 365,370,940.00
Equipos de medición	Contadores 2s, 12s residenciales	7350	₺ 77,375.00	₺ 568,706,250.00
	Costo Total			₺ 568,706,250.00
	Costo total anual			₺ 976,692,042.80

Fuente: elaboración propia con datos Negocio Servicio al cliente y Mercadeo.

5.6.1 Mapas implementación proyecto AMI

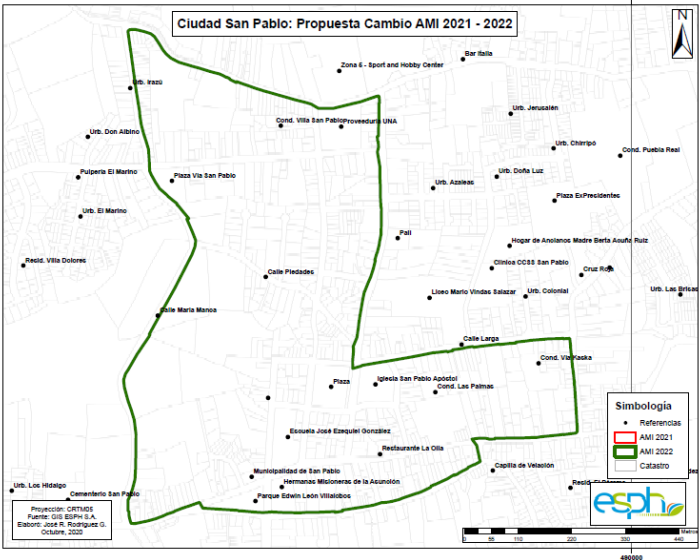
A continuación, se muestran los mapas establecidos para la implementación del proyecto AMI en los primeros dos años de operación, cada uno de ellos fue creado tomando en cuenta datos que arrojaron cada una de

Figura N° 32 Mapa implementación proyecto AMI, Ciudad Heredia 2021-2022.



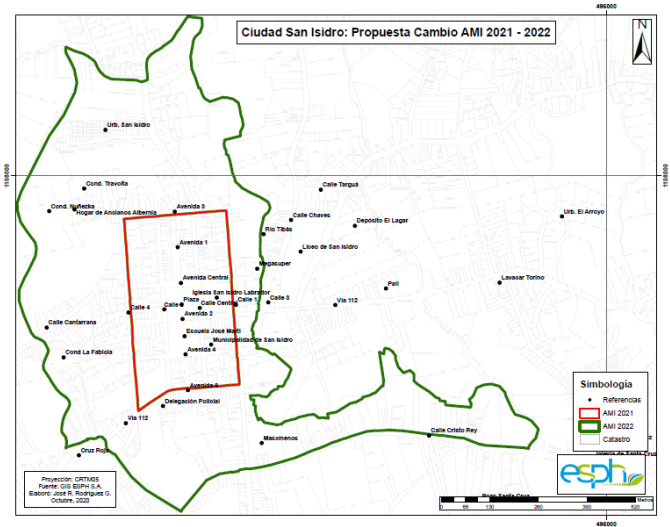
Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Figura N° 33 Mapa implementación proyecto AMI, San Pablo 2021-2022.



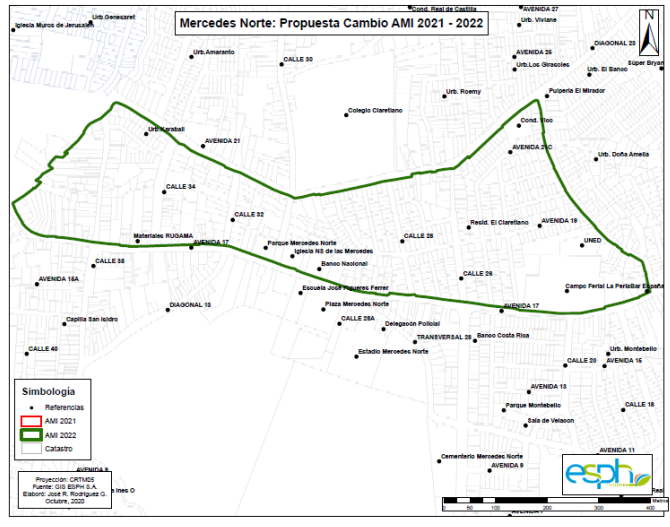
Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Figura N° 34 Mapa implementación proyecto AMI, San Isidro Urbano 2021-2022.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Figura N° 35 Mapa implementación proyecto AMI, Mercedes Norte 2021-2022.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Esta implementación debe realizarse por fases ya que los insumos a instalar deben de comprarse año a año, siguiendo los montos adjudicados en las tarifas aprobadas por la ARESEP, y, además, el presupuesto anual debe de ser aprobado por la Contraloría General de la República, y ser capitalizado al final del mismo año que se adjudicaron.

Ya que todo el proceso de aprobación del presupuesto por la CGR tarda los primeros dos meses del año, la compra de los medidores se debe de programar para realizarse justo después de la aprobación, o más tardar en el mes de marzo.

Tomando en cuenta el tiempo de entrega que formula Ladis & Gyr, de 4 meses para la entrega de todos los equipos comprados, se aprovecha este tiempo para capacitar al personal a cargo de la instalación de los equipos en las zonas ya determinadas, se levantan bases de datos de los medidores y se prepara el material necesario para la ejecución del proyecto.

Para la instalación de los medidores se utilizan dos cuadrillas del departamento Gestión Técnica de Medición, compuestas por un TE1 y un TG cada una, con una capacidad de instalación de 50 medidores diarios por cuadrilla. Durante la instalación de los medidores, se debe validar el estado de configuración de los medidores, y los porcentajes de comunicación de cada uno de ellos.

El desglose de las actividades anuales se detalla en el siguiente diagrama de Gantt.

Figura N° 36 Diagrama de Gantt anual para la ejecución del proyecto.

Actividad	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Aprobacion tarifas ARESEP	■												
Aprobacion de presupuesto CGR		■	■										
Compra de equipos ESPH				■									
Capacitacion e informacion de zonas a instalar					■	■	■						
Recepcion de equipos								■					
Instalacion de medidores									■	■	■	■	■

Fuente: propia elaborado con datos del departamento de planificación, ESPH

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El sistema actual de recaudación por concepto de ventas del servicio eléctrico de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia, resulta obsoleto debido a las diferentes deficiencias que el proceso presenta como la gran cantidad de ciclos y rutas necesarias para la recolección de las lecturas, el deterioro físico presente en la ejecución propia de las labores que conlleva a incapacidades por diferentes enfermedades del personal y la vulnerabilidad que presenta a condiciones climáticas adversas que ponen en riesgo la ejecución.
- Implementar una Infraestructura de Medición Avanzada (AMI) en la Empresa de Servicios Públicos de Heredia permite automatizar los procesos que hacen posible la facturación y la recaudación, generando un ahorro de ₡317,811,656.62 anuales por concepto de salarios, asegurando el cobro correcto de una forma más rápida y precisa. Así mismo, la automatización del proceso de reconexión permite un ahorro anual aproximado de ₡171,504,826.26 por concepto de remuneraciones a empresas subcontratadas para la realización del servicio y de ₡21,048,827.00 aproximadamente por concepto de gasto en materiales asociados. mejorando el servicio al cliente, la capacidad de respuesta ante eventos y la toma de decisiones para la gestión futura.
- El diseño de una nueva sectorización basado en la densidad y la ubicación geoespacial de los clientes de la ESPH, mediante la utilización de las áreas de medición distrital o DMA's, permitiría reducir en 4 la cantidad de días necesarios para la facturación. Además, le permitirá realizar análisis de cargabilidad de los equipos de distribución y valorar las curvas de demanda en zonas más homogéneas, que faciliten la toma de decisiones y la planificación de la red, con el fin de asegurar la continuidad del servicio que brinda.
- La determinación de una estratificación de los clientes de la ESPH, mediante el estudio del consumo eléctrico en los grupos tarifarios Residenciales, Comerciales (0 a 3000 kWh), Industriales (0 a 3000 kWh) y

Preferenciales, evidencia que el 45% de los ingresos por la prestación del servicio eléctrico, se compone del 13% de los clientes, pertenecientes a los estratos Alto y Medio – Alto, ingresos alcanzables con la ejecución del 13% del costo total del proyecto, equivalente a \$1,499,250.00. La focalización de la implementación en estos clientes permitirá una recuperación más rápida de la inversión.

6.2 RECOMENDACIONES

- Desarrollar las integraciones necesarias para los procesos de lectura, facturación, corta y reconexión remota con el sistema comercial AXIS utilizado en la ESPH, con el fin de que se realicen de forma automática, acelerando los procesos y eliminando los posibles errores por factores humanos, preparando a la empresa para las nuevas tendencias de negocio prepago y facturación horaria.
- Destinar una mayor cantidad de recursos financieros al proyecto de implementación de la infraestructura de medición avanzada, con el fin de lograr sustituir una mayor cantidad de medidores anuales y lograr instalar más equipos de monitoreo necesarios para la buena gestión de la red.
- Capacitar y reubicar a los trabajadores que, por concepto de la automatización de los procesos, tengan la oportunidad de desarrollarse en áreas de trabajo diferentes a las actuales, con base a las necesidades de las diferentes áreas de la ESPH.
- Crear campañas de información, tanto internas como externas, para que los trabajadores de la ESPH puedan aprovechar al máximo la plataforma AMI y los clientes puedan conocer las bondades del proyecto, así como los

beneficios que la sociedad obtienen con el desarrollo de la automatización en las redes de distribución.

- Focalizar los esfuerzos en los estratos Alto y Medio – Alto, determinados mediante el diagrama de Pareto, para marcar el rumbo que el desarrollo de la implementación y el cambio de los medidores requiere, con el fin acelerar el despliegue de la infraestructura en el 13% de clientes que representan los mayores ingresos, y de esta forma maximizar los beneficios de la inversión y la automatización de los procesos.

BIBLIOGRAFÍA

- Arimetrics, C. (2020). *arimetrics.com*. Obtenido de <https://www.arimetrics.com/glosario-digital/mapa-de-calor>
- Baca, & al, e. (2014). *Introducción a la ingeniería industrial*. Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA, S.A. DE C.V.
- Calderón Bonilla, M. (2012). *Sistema de lectura remota para el consumo de energía en clientes residenciales*. Costa Rica.
- Castro, J. (20 de Enero de 2020). *La Republica.net*. Obtenido de <https://www.larepublica.net/noticia/medidores-inteligentes-beneficiaran-a-285-mil-josefinos-abonados-de-servicio-electrico>
- Cudney, E. A., & Furterer, S. L. (2012). *Design for Six Sigma in product and service development*. Estados Unidos: CRC Press.
- Curso de Gestión de Calidad para Laboratorios* . (2005). Estados Unidos: Organización Panamericana de la Salud.
- Empresa de Servicios Públicos de Heredia*. (01 de Octubre de 2020). Obtenido de Empresa de Servicios Públicos de Heredia: <https://www.esphsa.com/index.php/>
- Fabila Echaury, A. M. (2013). *La Escala de Likert en la evaluación docente: acercamiento a sus características y principios metodológicos*. Mexico: Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Falco, R. (2011). La convergencia de las tecnologías de operación y las tecnologías de información. *CIEPPI*.
- Gaceta, L. (2018). *Ley N°9635 Fortalecimiento de las finanzas públicas*. Costa Rica: Imprenta Nacional.
- González, T. (17 de Octubre de 2020). *Keisen Consultores*. Obtenido de <https://keisen.com/es/por-que-y-para-que-medir-proposito-de-la-medicion/>

- Gutiérrez Pulido, H., & De la Vara Salazar, R. (2009). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma*. México: McGraw Hill.
- Humberto, G. P., & Roman, D. I. (2009). *Control estadístico y de calidad Seis Sigma*. México: Macgraw Hill.
- Koontz, H., & Mark, W. H. (2012). *Administración: Una perspectiva global y empresarial*. México: McGraw Hill.
- Koskiola, M. (Agosto de 2016). *Analytics and Heatmaps*. Obtenido de <https://proximi.io/proximity-zero-hero-part-7-analytics-and-heatmaps/>
- Llumiluisa Mera, R. (2011). *Implementacion del sistema de facturación y medidores prepago en la empresa eléctrica provincial Cotopaxi*. Ecuador.
- Marinho, M. L. (2018). *Estratificación social: una propuesta metodológica multidimensional para la subregión norte de América Latina y el Caribe*. México: CEPAL.
- MathWorks. (2021). *MathWorks*. Obtenido de <https://es.mathworks.com/help/stats/cluster-analysis.html>
- MINAE. (2012). *Encuesta de consumo energético nacional en el sector residencial de Costa Rica*. San José, Costa Rica.
- Molina, R. (15 de Mayo de 2017). *El GuardianCR*. Obtenido de <https://elguardian.cr/nacionales/cnfl-inicio-la-instalacion-de-nuevos-medidores-inteligentes/>
- Mulder, P. (28 de Octubre de 2020). *DMADV Process Retrieved*. Obtenido de <https://www.toolshero.com/quality-management/dmadv-process/>
- Riu, X. (2009). *Clustering*. Estados Unidos: IEEE Press Series on Computational Intelligence.
- Salazar Blanco, M. (2018). *Análisis Técnico - Financiero para implementar una solución de Infraestructura de medición eléctrica avanzada en el área de cobertura de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia*. Costa Rica.

- Salazar López Bryan. (13 de Octubre de 2020). *Ingeniería industrial online*.
Obtenido de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/conceptos-generales/que-es-ingenieria-industrial/>
- Sémblér R. Camilo. (2006). *Estratificación social y clases sociales. Una revisión analítica de los sectores medios*. CEPAL. Naciones Unidas.
- Stoner, J., & Edward Freeman, R. y. (1996). *Administración*. Mexico: Preatince Hall Hispanoamericana, SA.
- Survey of international experience in advanced measurement infrastructure and its implementation. (2018). *The International Bank for Reconstruction and Development*.
- World Bank Group. (2018). *Data Analytics for Advanced Metering Infrastructure*. Estados Unidos: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento. Banco Mundial.

ANEXOS

ANEXO 1 ENTREVISTA APLICADA

Buenos días estimado señor (a), mi nombre es Francisco Redondo López, alumno de Bachillerato en Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana. La presente entrevista se realiza con el objeto de recolección de información para la investigación: Propuesta de implementación de una Infraestructura de Medición Avanzada en el área de concesión del servicio eléctrico de la Empresa de Servicios Públicos de Heredia (ESPH) para el periodo 2021- 2026. La información suministrada es de carácter confidencial y será utilizada únicamente con fines de la presente investigación.

Fecha:

Hora:

Nombre del entrevistado:

Ocupación:

Organización: Empresa de Servicios Públicos de Heredia

- 1- Tomando en cuenta la gestión que realiza la ESPH, desde la lectura hasta la cobranza de los servicios eléctricos ¿Considera usted que el método actual de recaudación que utiliza la ESPH es eficaz y eficiente? ¿Si, no por qué? Justifique su respuesta.**

- 2- Actualmente para obtener los consumos eléctricos de los clientes, se deben leer casi 89000 medidores, distribuidos en 15 ciclos y 160 rutas. ¿Cree usted que este proceso es práctico para la ESPH? ¿Si, no por qué? Justifique su respuesta.**

- 3- En la coyuntura actual de la ESPH, en donde se encuentra implementando una nueva forma de adquirir los registros de consumo de todos de los clientes, ¿Considera usted oportuno la creación de una nueva sectorización que permita agrupar a los clientes de una forma diferente a los ciclos y rutas actualmente utilizados? ¿Sí, no por qué? Justifique su respuesta.
- 4- ¿Considera usted que esta una nueva sectorización podría simplificar el proceso de la captura de los registros de consumo eléctrico de la ESPH? ¿Sí, no por qué? Justifique su respuesta.
- 5- La ESPH, actualmente tiene a sus clientes industriales muy bien identificados, a partir de este hecho ¿Considera usted que la ESPH conoce bien a sus clientes con menor consumo eléctrico, específicamente a los clientes residenciales y comerciales (0 a 3000 kWh)? ¿Si, no por qué? Justifique su respuesta.
- 6- De acuerdo a la pregunta anterior ¿qué tan importante sería para la empresa llegar a conocer a estos clientes y obtener mayor cantidad de datos y registros de consumo eléctrico de ellos?
- 7- ¿Cree usted que existe la necesidad de modernizar los sistemas de Medición de la red eléctrica en la ESPH? ¿Si, no por qué? Justifique su respuesta.
- 8- ¿Qué impacto considera usted que tendría la implementación de una infraestructura de medición avanzada en el ámbito financiero, humano y en la gestión del recurso operativo en los procesos de las ESPH?

- 9- **¿Cuáles considera usted que serían los mayores retos que podría afrontar la ESPH al implementar AMI en la su área de concesión del servicio eléctrico?**
- 10- **¿Cómo impactaría a las finanzas de la ESPH, el actualizar y automatizar el proceso de recaudación?**
- 11- **¿A corto plazo, una vez implementado la infraestructura de medición avanzada (AMI) ¿Cuál considera usted que sería el camino a seguir?**
- 12- **¿Cómo vislumbra el futuro de la ESPH, luego de implementar el AMI?**

ANEXO 2 NUEVA SECTORIZACIÓN

Ciudad Heredia

Está basado en su totalidad por el cantón de Heredia, y su división política establecida, contiene aproximadamente 11000 medidores, en los cuales el 65% están presentes en el grupo residencial y el 34% dentro del grupo comercial como lo muestra la tabla N°35.

Tabla N°1.

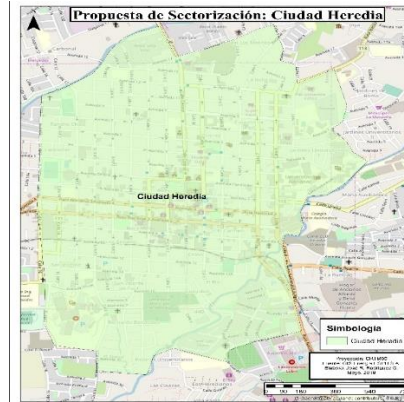
Distribución por tarifa Ciudad Heredia

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	7198	65%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	3589	34%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	54	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	154	1%
Total	10995	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

Con ingresos mensuales previstos de ₡366,098,779.06, esta nueva zona representaría el 13% de los ingresos de la empresa en el grupo estudiado, y permitirá leer en un día el casco central de la provincia, lo que anteriormente se leían en 3 días si lo comparamos con el sistema actual.

Figura N°1
Sector Ciudad Heredia.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

San Rafael Urbano

San Rafael urbano representa la sectorización más densa, está compuesto por los distritos San Josecito, Santiago, San Rafael y las zonas bajas de los distritos Ángeles y Concepción.

Esta zona estaría compuesta de 15700 medidores, lo que representa el 18% de la totalidad, de los cuales grupo residencial predominaría sobre el resto con un 91%, dejando al grupo comercial con un 8% de los clientes, datos reflejados en la tabla N°2

Tabla N°2.

Distribución por tarifa San Rafael Urbano

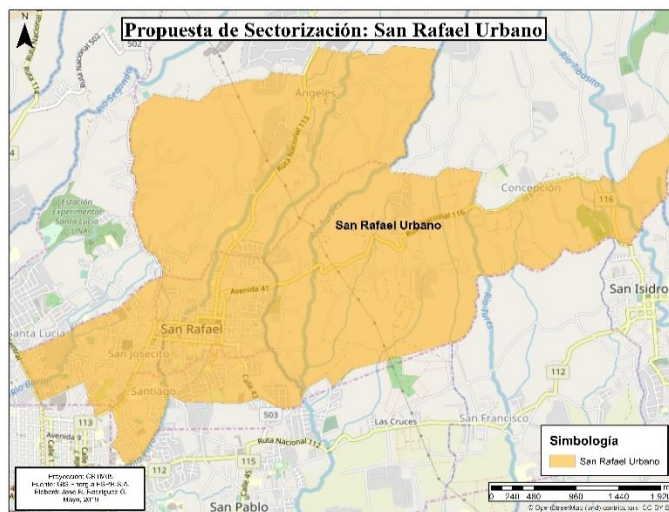
Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	14325	91%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	1182	8%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	33	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	159	1%
Total	15699	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

Además, San Rafael Urbano, representaría el 16% de los ingresos, con cerca de $\$450,480,227.89$ mensuales, bajo el esquema anterior estos medidores se leerían en 2 días, mediante la nueva sectorización la lectura y la facturación se realizaría en un día únicamente.

Figura N°2

Sector San Rafael Urbano.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

San Rafael Rural

Ubicado en las zonas montañosas de los distritos de Los Ángeles y Concepción de San Rafael de Heredia, esta zona representa un alto costo de lectura ya que varias de sus rutas se deben de leer en auto, por lo que la implementación del AMI se vuelve muy importante en el momento de reducir los costos operativos, permitiendo leer todos los medidores a la vez, en lugar de los dos días actuales.

Tabla N°3.

Distribución por tarifa San Rafael Rural

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	2326	88%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	275	11%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	3	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	29	1%
Total	2633	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

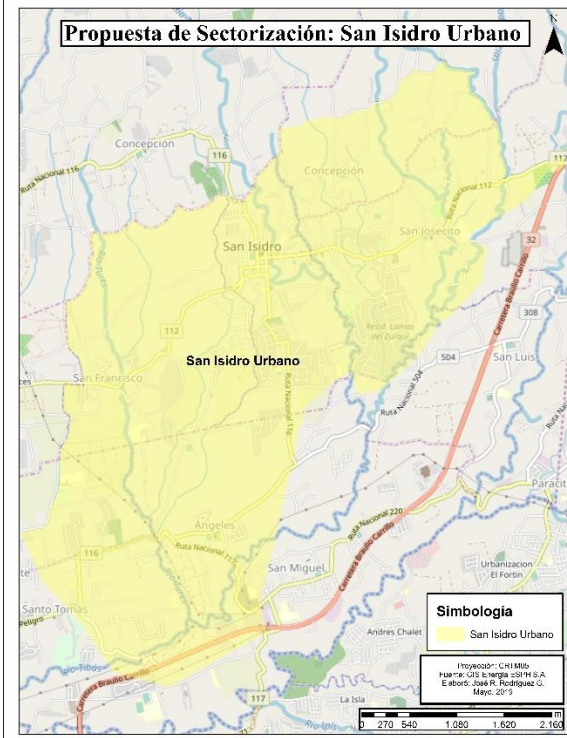
Con el 3% de los medidores, equivalente a cerca de 2600, en este sector el 88% de los clientes serían del grupo residencial, y el 11% del grupo comercial, teniendo ingresos mensuales de ₡101,997,395.21, lo que significa el 4% de los ingresos.

Tabla N°4.
Distribución por tarifa San Isidro Urbano

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	6417	90%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	651	9%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	12	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	89	1%
Total	7169	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

Figura N°4
Sector San Isidro Urbano.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

San Isidro Rural

Las zonas montañosas de los distritos San Josecito y concepción, pertenecientes al cantón de San Isidro, conforman el sector San Isidro Rural. Este sector, a pesar de la poca cantidad de medidores también representa un costo considerable de lectura, debido a lo extensas de las rutas y que algunas de ellas se deben realizar en auto.

Tabla N°5.

Distribución por tarifa San Isidro Rural

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	466	88%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	54	10%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	2	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	9	2%
Total	531	100%

Fuente: Fuente propia

Con apenas 531 medidores, representa el 1% de los medidores y de los ingresos de la empresa, equivalente a \$21,772,921.81.

Figura N°5
Sector San Isidro Rural.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

Santa Lucía

Santa Lucía es el único distrito del cantón de Barva a los que la ESPH brinda el servicio de energía eléctrica, de ahí la importancia se separar este sector del resto de los demás.

Con ingresos mensuales de $\$87,946,091.42$ y 3115 medidores, el sector Santa Lucía representa el 4% de los medidores, donde el 94% de los contadores pertenecen al sector residencial, mientras solo el 5% de los dispositivos pertenecen al sector comercial como lo muestra el cuadro N°40.

Tabla N°6

Distribución por tarifa Santa Lucía.

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	2914	94%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	161	5%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	9	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	31	1%
Total	3115	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

Figura N°6

Sector Santa Lucía.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

Mercedes Norte

El sector de Mercedes Norte es uno de las dos secciones del distrito Mercedes, pertenecientes al cantón de Heredia, contiene el 8% de los medidores, que a su vez representa el 7% de los ingresos mensuales, con ¢198,379,296.19

La tabla N°7 muestra la distribución tarifaria del sector, donde el 93% se encuentra dentro del grupo residencial, y el 6% dentro del grupo comercial, para un total de 7208 contadores.

Tabla N°7

Distribución por tarifa Mercedes Norte.

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	6694	93%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	456	6%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	14	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	44	1%
Total	7208	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

Figura N°7
Sector Mercedes Norte.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

Mercedes Sur

El otro sector que complementa al distrito Mercedes es el sector Mercedes Sur, tomando como límite para la separación el río Burío, que atraviesa el distrito de este a oeste.

Figura N°8
Sector Mercedes Sur.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

El sector Mercedes Sur, representa un sector menos denso, y en consecuencia corresponde a ingresos menores con respecto al sector anterior con ¢152,934,449.87 al mes.

A su vez, los 5423 contadores representan el 6% del total, donde el sector residencial está presente en el 90% de los dispositivos y el sector comercial en el 9% como lo muestra la tabla N°8.

Tabla N°8.

Distribución por tarifa Mercedes Sur.

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	4876	90%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	496	9%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	9	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	42	1%
Total	5423	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

San Pablo

El sector San Pablo es el más denso de todos, abarca el cantón del mismo nombre, está constituido por 12902 medidores que representan al 15% del total de los equipos instalados, una de las ventajas de este sector es que en gran parte del sector la ESPH solo brinda servicios de energía, por lo que la implementación del AMI se puede realizar de una manera más rápida y sencilla. Este sector obtiene el 14% de los recursos, con ingresos mensuales de ¢393,077,965.05.

Figura N°9
Sector San Pablo.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

Con esta sectorización, la ESPH no necesitaría leer los medidores instalados en el cantón San Pablo en 3 días diferentes como lo hace en la actualidad, en su lugar podría realizarlo en un único día.

La tabla N°9 muestra la distribución tarifaria, donde el 91% de los equipos pertenecen al sector residencial, y el 8% al sector comercial.

Tabla N°9
Distribución por tarifa San Pablo.

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	11777	91%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	1022	8%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	33	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	70	1%
Total	12902	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

San Francisco

El sector San Francisco es otra segmentación del cantón Heredia, abarca el área del distrito que lleva el mismo nombre, con la variante de excluir a Guararí del sector.

Representa el 8% de los medidores gracias a los 6882 contadores instalados, y presenta ingresos cercanos $\$225,183,268.91$ mensuales, en los cuales el 91% se encuentran dentro del grupo tarifario residencial, y el 9% dentro del grupo comercio y servicio según la tabla N°10.

Tabla N°10

Distribución por tarifa San Francisco.

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	6238	91%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	595	9%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	22	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	27	0%
Total	6882	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

La figura siguiente muestra el área de cobertura del sector San Francisco, creado para la toma de lectura de los medidores.

Figura N°10
Sector San Francisco.



Fuente: Departamento GIS EYAP, ESPH

Guararí-La Milpa

Guararí – La Milpa contempla los medidores restantes del distrito San Francisco, a pesar de ser uno de los sectores más pequeños contiene una cantidad de medidores similares a los demás.

La tabla N°11 muestra la cantidad de medidores que contiene el sector Guararí – La Milpa, los 6611 contadores representan el 8% de los medidores, de igual manera los ₡219,021,710.46 mensuales contribuyen al 8% de los ingresos de la ESPH.

Tabla N°11

Distribución por tarifa Guararí – La Milpa.

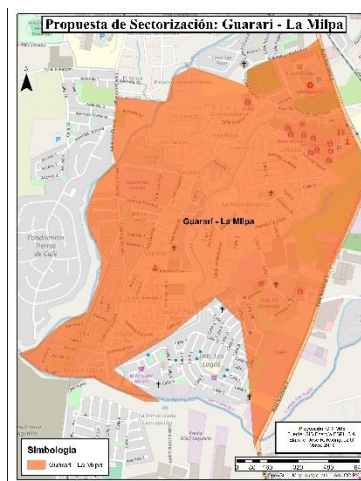
Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	5975	90%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	592	9%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	8	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	36	1%
Total	6611	100%

Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

La figura N°11 demuestra el área donde se encuentran instalados todos los contadores del sector Guararí-La Valencia.

Figura N°11

Sector Guararí - La Milpa.

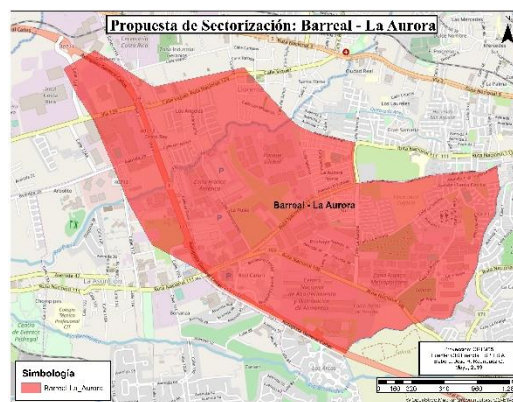


Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

Aurora - Barreal

La figura N°12 identifica al sector Barreal – La Aurora, pertenecientes al distrito Ulloa, del cantón Heredia. El cual contiene 2954 medidores equivalente al 3% del total de dispositivos y reporta ingresos cercanos a ₡139,783,570.63 lo que supone un 5% del total.

Figura N°12
Sector Barreal – La Aurora.



Fuente: Departamento GIS EEYAP, ESPH

Como lo muestra la tabla N°12, los 2954 medidores están distribuidos en 2 grupos muy marcados, el residencial con un 77% del total y el comercial con un 22% debido a las zonas francas ubicadas en el sector.

Tabla N°12

Distribución por tarifa Aurora - Barreal.

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	2271	77%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	630	22%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	43	1%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	10	0%
Total	2954	100%

Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

Lagunilla - La Valencia

El último sector es Lagunilla – La Valencia, también pertenecientes al distrito Ulloa, sus 5697 equipos representan el 6% de los medidores instalados, y sus \$197,158,061.83 mensuales equivalen al 7% de los ingresos. En este caso, el 89% de los medidores se encuentran dentro del grupo tarifario residencial, mientras el 11% restante pertenecen al grupo comercio y servicios, como lo muestra la tabla N°13.

Tabla N°13

Distribución por tarifa Lagunilla – La Valencia.

Tipo de tarifa	Cantidad de medidores	%
RESIDENCIAL	5085	89%
COMERCIO Y SERVICIO [0 A 3.000]	580	11%
INDUSTRIAL [0 A 3.000]	25	0%
PREFERENCIAL DE CARACTER SOCIAL	7	0%
Total	5697	100%

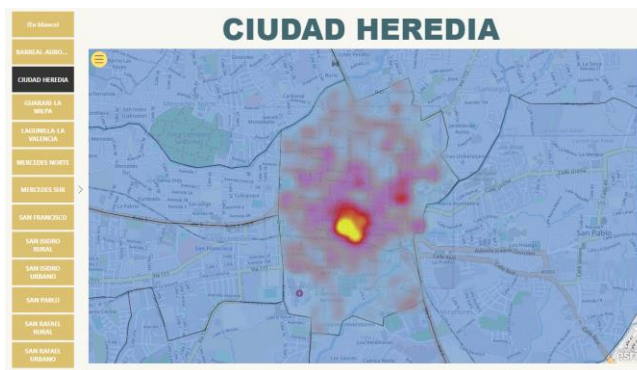
Fuente: Elaboración propia con datos del Negocio SCyM

ANEXO N°3 MAPAS DE CALOR Y CLÚSTER

Ciudad Heredia

Figura N°1

Heatmap estrato Alto y Medio-Alto Ciudad Heredia.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Figura N°2

Análisis Clúster sector Ciudad Heredia.

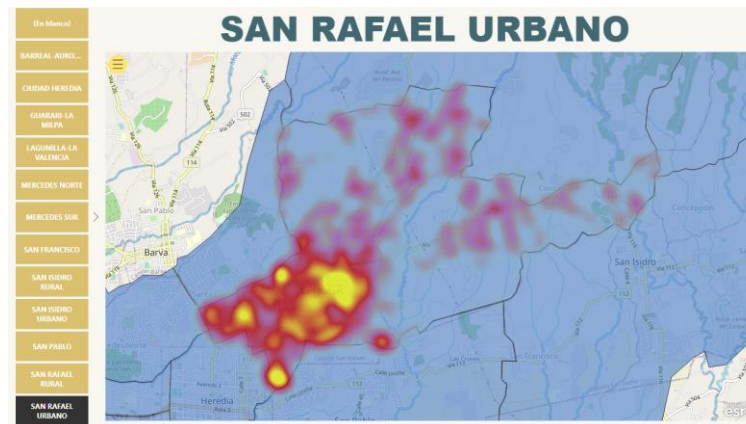


Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

San Rafael Urbano

Figura N°3

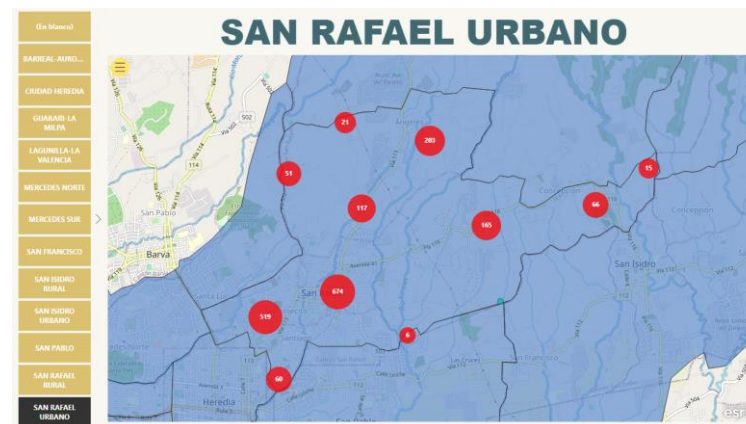
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto San Rafael Urbano.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Figura N°4

Análisis Clúster sector San Rafael Urbano.

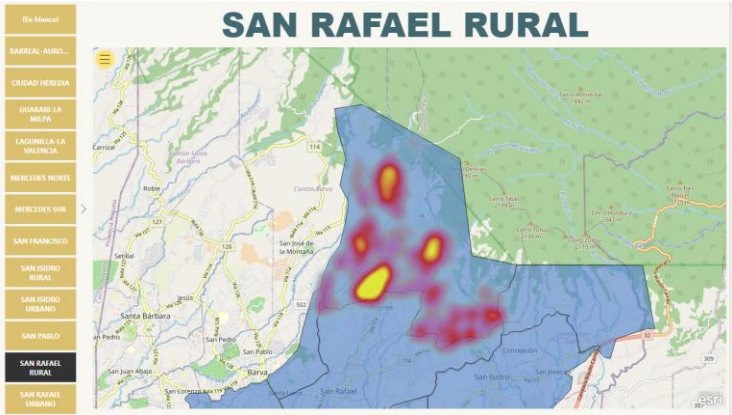


Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

San Rafael Rural

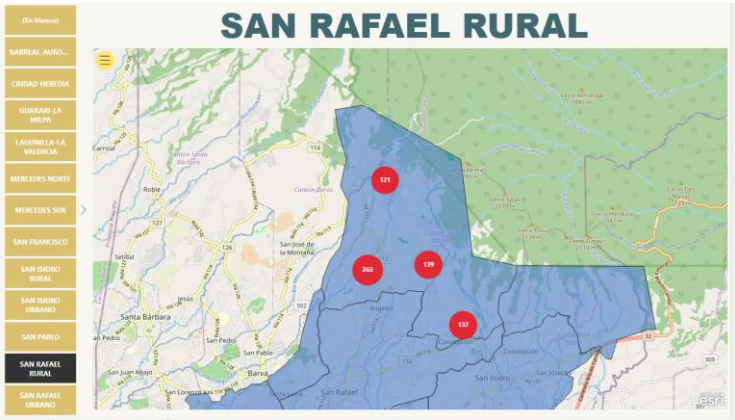
Figura N°5

Heatmap estrato Alto y Medio-Alto San Rafael Rural.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

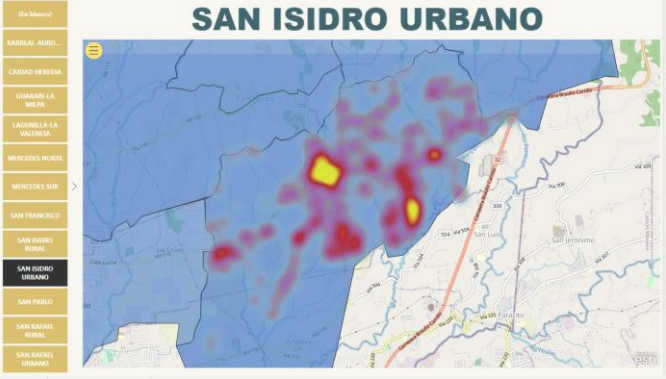
Figura N°6
Análisis Clúster sector San Rafael Rural.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

San Isidro Urbano

Figura N°7
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto San Isidro Urbano.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EEYAP, ESPH

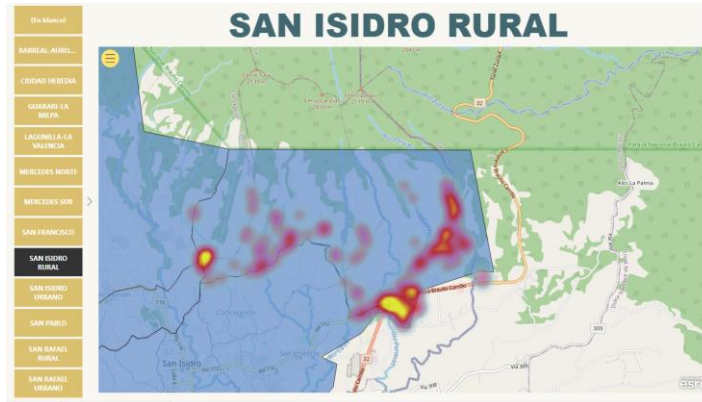
Figura N°8
Análisis Clúster sector San Isidro Urbano.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EEYAP, ESPH

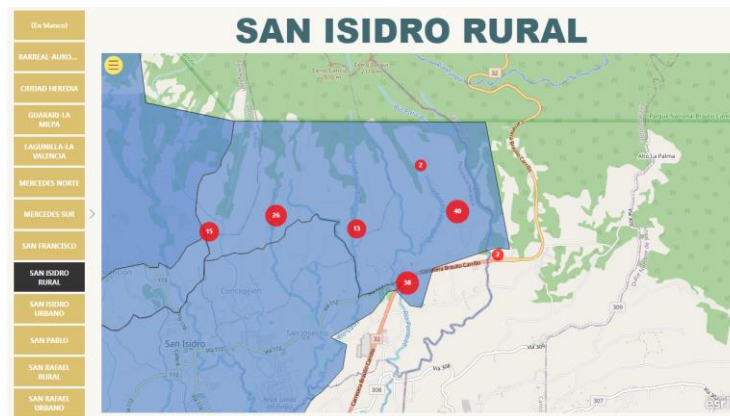
San Isidro Rural

Figura N°9
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto San Isidro Rural.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

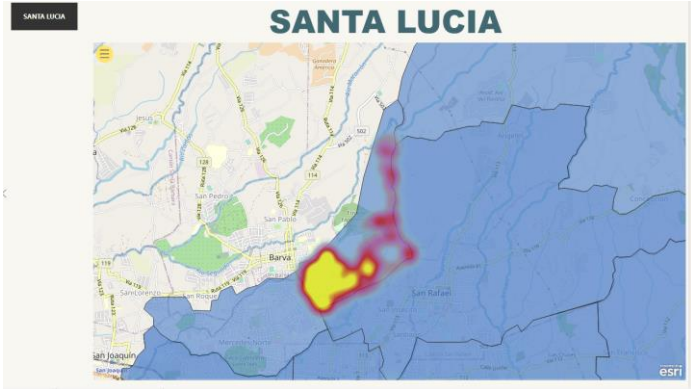
Figura N°10
Análisis Clúster sector San Isidro Rural.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Santa Lucía

Figura N°11
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto Santa Lucía.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

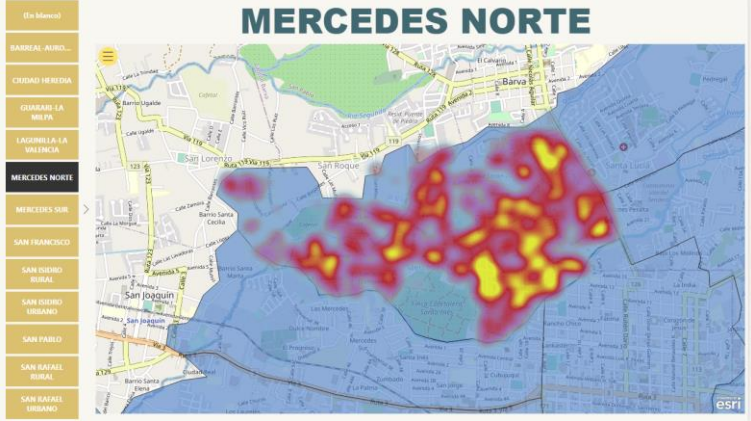
Figura N°12
Análisis Clúster sector Santa Lucía.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

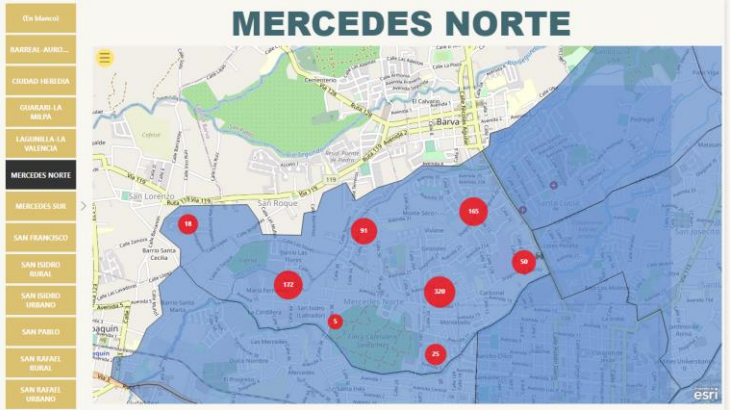
Mercedes Norte

Figura N°13
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto Mercedes Norte.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EEYAP, ESPH

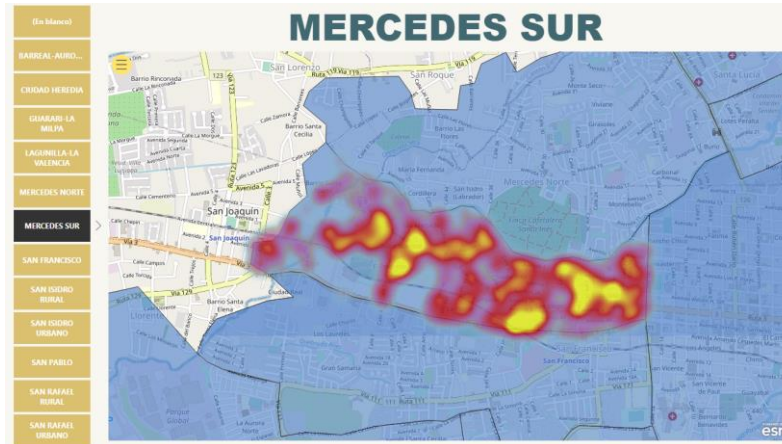
Figura N°14
Análisis Clúster sector Mercedes Norte.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EEYAP, ESPH

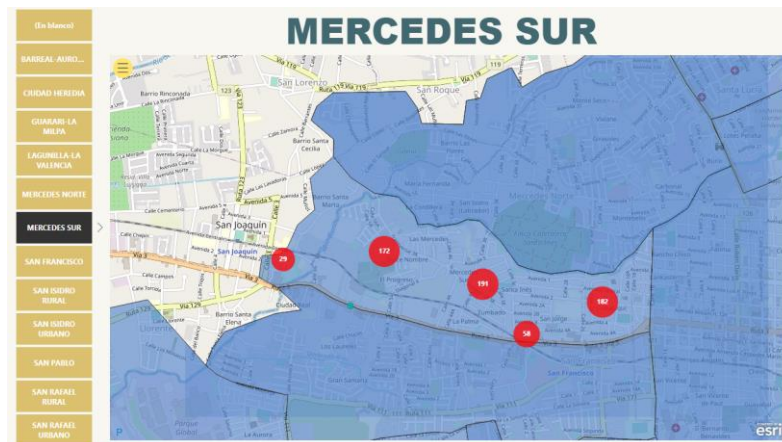
Mercedes Sur

Figura N°15
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto Mercedes Sur.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

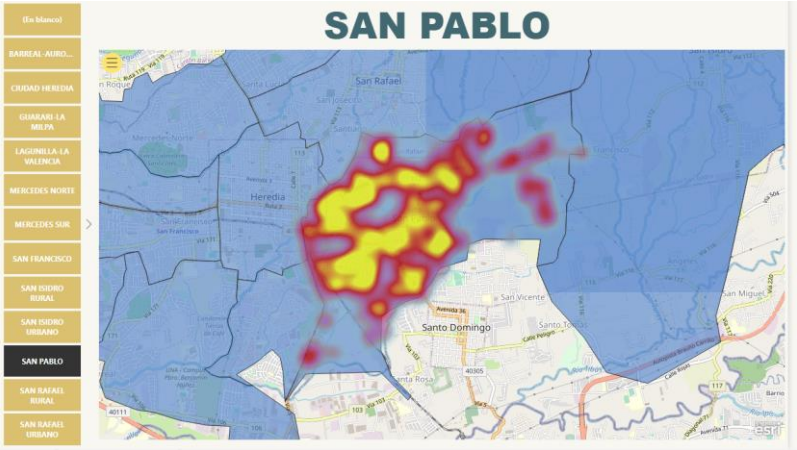
Figura N°16
Análisis Clúster sector Mercedes Sur.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

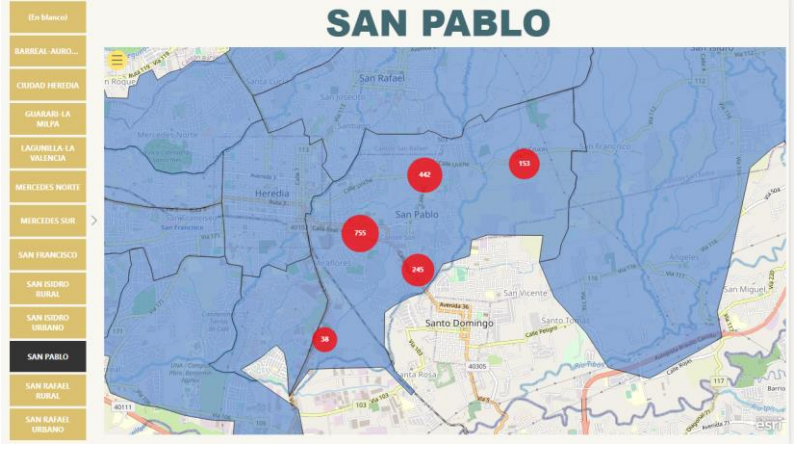
San Pablo

Figura N°17
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto San Pablo.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

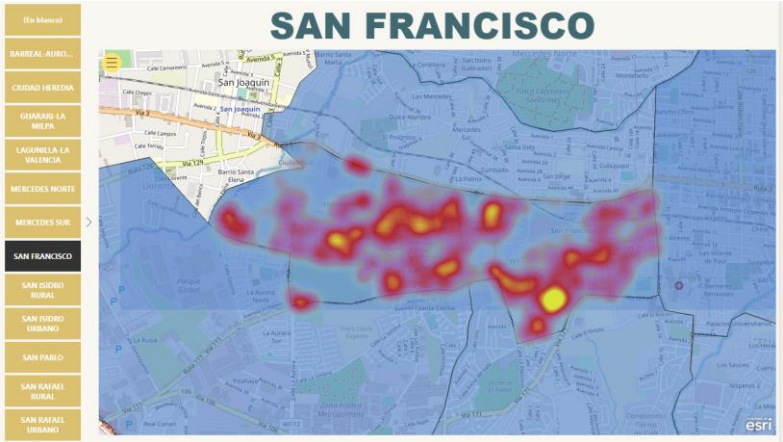
Figura N°18
Análisis Clúster sector San Pablo.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

San Francisco

Figura N°19
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto San Francisco.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

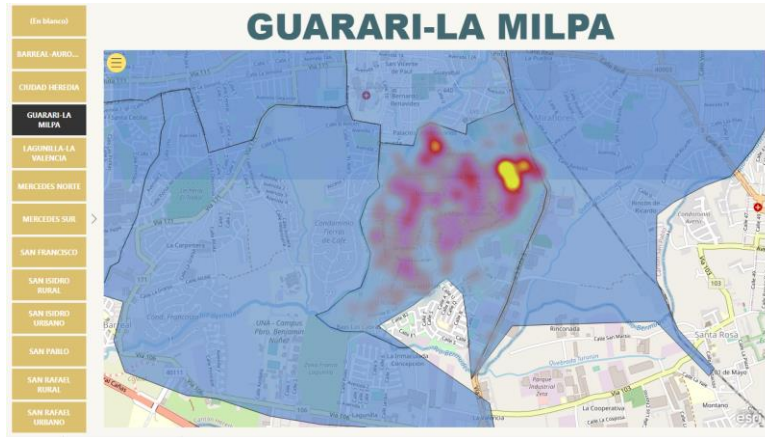
Figura N°20
Análisis Clúster sector San Francisco.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

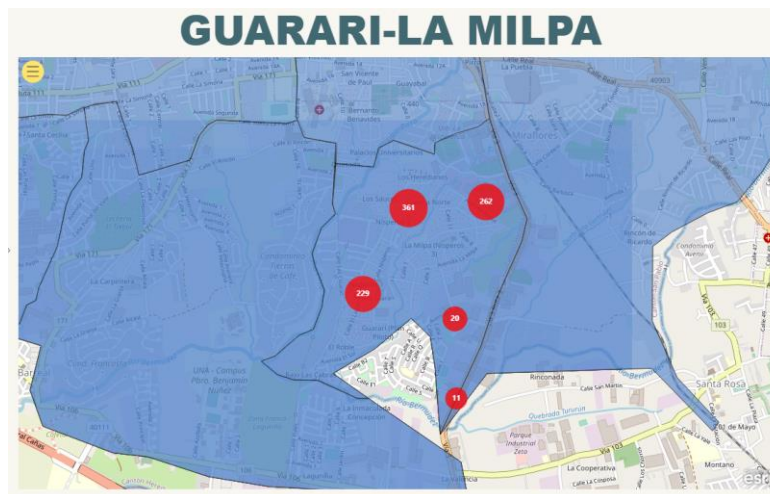
Guararí-La Milpa

Figura N°21
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto Guararí – La Milpa.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

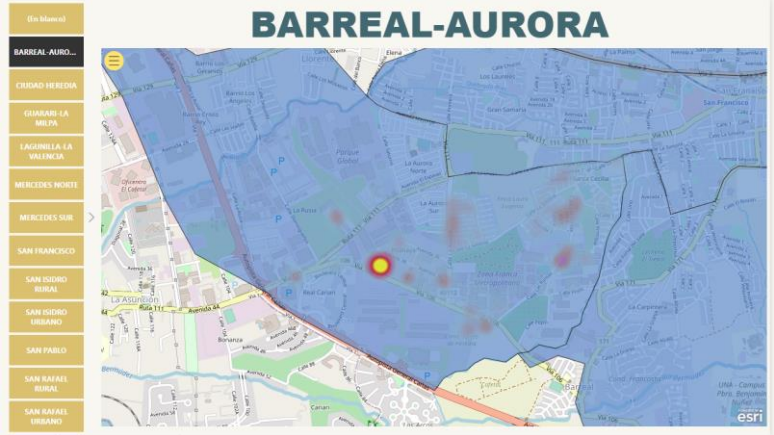
Figura N°22
Análisis Clúster sector Guararí – La Milpa.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

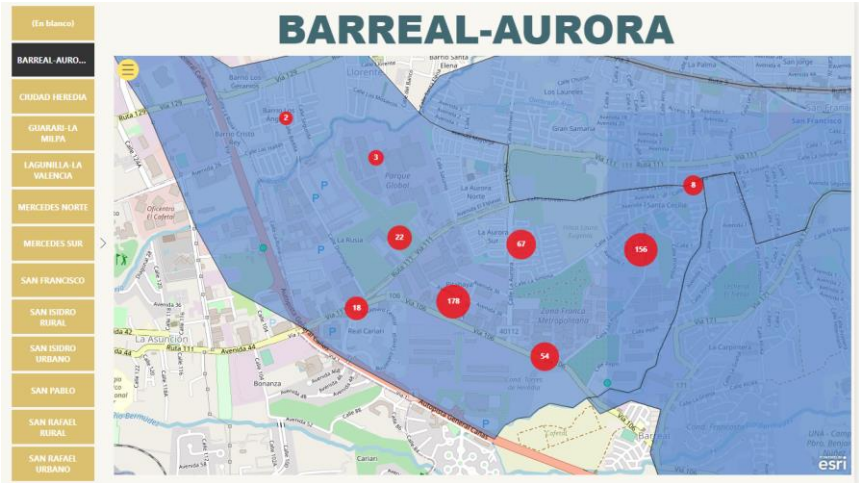
Aurora - Barreal

Figura N°23
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto Barreal – La Aurora.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EEYAP, ESPH

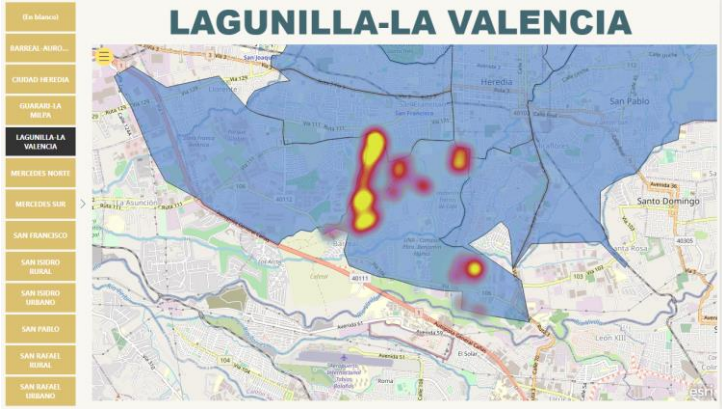
Figura N°24
Análisis Clúster sector Barreal – La Aurora.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EEYAP, ESPH

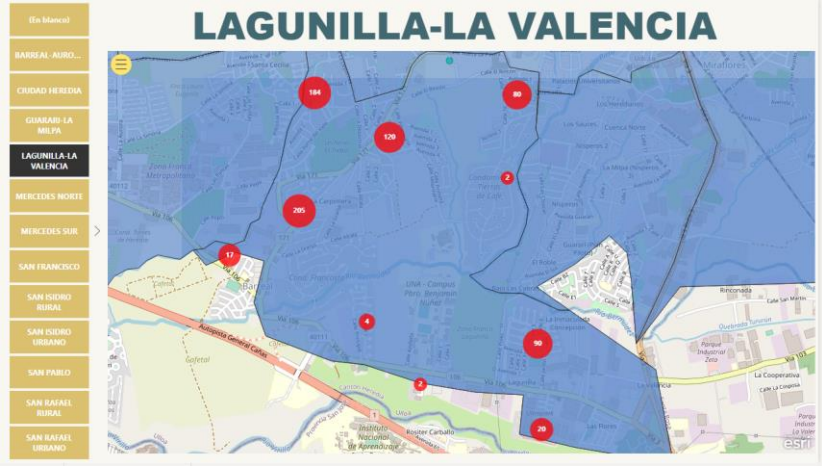
Lagunilla - La Valencia

Figura N°25
Heatmap estrato Alto y Medio-Alto Lagunilla – La Valencia.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH

Figura N°26
Análisis Clúster sector Lagunilla – La Valencia.



Fuente: propia elaborado con datos del departamento GIS EYAP, ESPH