



UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADOS

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO EN
OPCIÓN AL GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN
GESTIÓN DE ENERGÍAS**

TEMA:

“Evaluación del sistema de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico y su incidencia en el consumo de energía de la Empresa Eléctrica Quito de la ciudad de Quito en el año 2017. Diseño de programa eficiente de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito”

AUTOR:

SORIA Riera ANA María

TUTOR:

PhD. Iliana González Palau

LATACUNGA – ECUADOR

Julio 2017



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE
COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADOS
Latacunga – Ecuador**

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

En calidad de Miembros del Tribunal de Grado aprueban el presente informe en consideración de posgrados de la Universidad Técnica de Cotopaxi; por cuanto, el maestrante: Ing. Ana María Soria Riera, con el título de tesis: **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO ELÉCTRICO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO DE LA CIUDAD DE QUITO EN EL AÑO 2017. DISEÑO DE PROGRAMA EFICIENTE DE CALENTAMIENTO ELÉCTRICO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO PARA LA CIUDAD DE QUITO”**, ha considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Defensa de Tesis.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio 2017

Para constancia firman:

.....
MSc. Ángel León
C.I. 0502041353
PRESIDENTE

.....
PhD. Juan José La Calle
C.I. 1756604227
MIEMBRO

.....
PhD. Juan Mato
C.I. 1756944284
MIEMBRO

.....
MSc. Luigi Freire
C.I. 0502529589
OPOSITOR

CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor de la Maestría en Gestión de Energías, nombrado por el Honorable Consejo Académico de Posgrado.

CERTIFICO:

Que: Analizado el Proyecto de Tesis, presentado como requisito previo a la aprobación y desarrollo de la investigación para optar por el grado de Magíster en Gestión de Energías.

El problema de la investigación se refiere a:

“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO ELÉCTRICO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO DE LA CIUDAD DE QUITO EN EL AÑO 2017. DISEÑO DE PROGRAMA EFICIENTE DE CALENTAMIENTO ELÉCTRICO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO PARA LA CIUDAD DE QUITO”

Presentado por la Señora Ing. Ana María Soria Riera con C.I.: 050197002-4

Sugiero su aprobación y permita continuar con los trámites correspondientes.

.....
PhD. Iliana González Palau
CC. 1757070659
TUTOR

Latacunga, Julio del 2017

RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS

El proyecto de tesis de maestría denominado **“EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE CALENTAMIENTO ELÉCTRICO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO Y SU INCIDENCIA EN EL CONSUMO DE ENERGÍA DE LA EMPRESA ELÉCTRICA QUITO DE LA CIUDAD DE QUITO EN EL AÑO 2017. DISEÑO DE PROGRAMA EFICIENTE DE CALENTAMIENTO ELÉCTRICO DE AGUA DE USO DOMÉSTICO PARA LA CIUDAD DE QUITO”**, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en las páginas correspondientes, cuya fuente se incorpora en la bibliografía.

Consecuentemente, este trabajo es de mi autoría.

En virtud de la declaración me responsabilizo del contenido, veracidad, alcance científico del proyecto de tesis, en mención.

Latacunga, Julio del 2017.

.....
Ing. Ana María Soria Riera
C.I. 050197002-4

AGRADECIMIENTO

*A Dios todopoderoso, quien guía y
traza mi camino en todo momento,
a la Universidad Técnica de Cotopaxi por ofertar
la especialización de la Maestría en Gestión de Energías
y por seleccionar acertadamente
docentes de alta gama educativa y profesional
que son los incentivos a la investigación,
a la Empresa Eléctrica Quito
que ha sido mi hogar profesional
por todos los conocimientos adquiridos
y las facilidades para realizar el
desarrollo de mi trabajo investigativo
así también a mi familia e hijos
por el apoyo invaluable y leal*

*Un Agradecimiento especial a la
PhD. Iliana González, por su
acertada dirección, experiencia e
invaluables consejos durante la ejecución
y desarrollo de esta investigación.*

Ana María Soria

DEDICATORIA

*A mis padres adorados por tanta abnegación y amor incondicional
durante todas y cada una de mis etapas en la vida
a mis grandes y verdaderos amores mis hijos
Marcelito, Nicolás y Martín por ser
mi motor diario y fuente de inspiración
motivándome a realizarme y ser feliz día a día
con sus pequeñas travesuras y locuras que impregnan
constantemente de alegría mi corazón y alma,
a mis hermanos Paulina y Carlos por ser maravillosos e incondicionales,
a toda mi familia y amigos por todos sus consejos y enseñanzas,
por estar cerca a mi en los momentos más trascendentales de mi vida
y finalmente a la vida por haberme enseñado
que sin alegría, esperanza y amor nada tiene sentido!!!*

Ana María Soria

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO

Pág.

PORTADA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO	II
CERTIFICACIÓN DE VALIDACIÓN DEL TUTOR	III
RESPONSABILIDAD POR LA AUTORÍA DE LA TESIS	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
DEDICATORIA	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS.....	X
INDICE DE TABLAS.....	X
RESUMEN	XII
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	7
1 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO.....	7
1.1 La Empresa Eléctrica Quito.....	7
1.1.1 Infraestructura Eléctrica	7
1.1.2 Cobertura.....	7
1.2 Plan de Cocción Eficiente	9
1.3 Argumentación acerca de la necesidad de la investigación.....	10
1.3.1 Incentivos tarifarios	10
1.3.2 Normativa y regulaciones del PEC.....	10
1.4 Bases teóricas particulares de la investigación	11
1.4.1 Equipos de Calentamiento Eléctrico.....	11
1.4.1.1 Por acumulación o Termostato	11
1.4.1.2 Por calentamiento "instantáneo" o ducha eléctrica.....	13
1.4.1.3 Calentadores de paso o calefón eléctrico.....	13
1.5 Conclusiones parciales del capítulo 1.....	14
CAPITULO 2	15

2	METODOLOGÍA.....	15
2.1	Diseño de la investigación	15
2.1.1	Modalidad de la investigación.....	15
2.1.1.1	De Campo	15
2.1.1.2	Bibliográfica - Documental	15
2.1.1.3	Experimental.....	15
2.1.1.4	Modalidades especiales Proyecto - Factible.....	16
2.1.2	Tipo de investigación	16
2.1.2.1	Exploratorio	16
2.1.2.2	Explicativo.....	16
2.2	Determinación de las variables	16
2.2.1	Operacionalización de las variables	17
2.3	Determinación del lugar representativo para el análisis del impacto en la utilización de calentamiento eléctrico de agua	18
2.3.1	Situación actual	19
2.4	Conclusiones parciales del capítulo 2.....	27
	CAPITULO 3	28
3	RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	28
3.1	Análisis de la influencia de los equipo de calentamiento eléctrico de agua 28	
3.1.1	Análisis Técnico - Económico el ciclo de vida de 3 tecnologías de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.	28
3.1.1.1	CURVAS DE CARGA:	29
3.1.1.2	CONSUMOS DE ENERGÍA.....	31
3.1.1.3	ANÁLISIS ECONÓMICO.....	31
3.1.2	Determinación del impacto técnico en las redes de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito al implementar el calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito. 35	
3.1.2.1	Red de Medio Voltaje con calentamiento eléctrico	35
3.1.2.2	Transformadores de Distribución con calentamiento eléctrico	36
3.1.2.3	Red de Bajo Voltaje con calentamiento eléctrico.....	38
3.1.2.4	Acometidas y Medidores con calentamiento eléctrico	39
3.1.3	Consideraciones técnicas a implementar en la red de distribución.....	40
3.1.3.1	ESCENARIO 1 DUCHA ELÉCTRICA (4000 W):	40
3.1.3.2	ESCENARIO 2 CALEFÓN ELÉCTRICO (7200 W):	41
3.1.3.3	ESCENARIO 3 TERMOSTATO CON TIMER (5850 W):.....	42
3.2	Conclusiones parciales del capítulo 3.....	43
	CAPITULO 4	44
4	PROPUESTA.....	44
4.1	Título de la propuesta	44
4.2	Justificación	44

4.3	Objetivos.....	45
4.4	Estructura de la propuesta	45
4.5	Desarrollo de la propuesta	45
4.5.1	Equipo de calentamiento eléctrico de agua técnica y económicamente viable....	45
4.5.1.1	Por acumulación o Termostato	45
4.5.1.2	Análisis económico de la implementación de calentamiento eléctrico de agua con termostatos automatizados.	47
4.5.2	Incidencia de la implementación de calentamiento eléctrico en las Redes de la EEQ. 49	
4.5.2.1	Evaluación de costos de la incidencia de implementación de calentamiento eléctrico de agua con termostatos automatizados.....	53
4.5.3	Inserción del calentamiento eléctrico de agua, direccionada al equipo técnico viable, en los clientes de la EEQ.....	55
	CONCLUSIONES GENERALES	56
	RECOMENDACIONES.....	57
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
5	ANEXOS.....	59
5.1	Cálculos de caídas de voltaje sin influencia de calentamiento eléctrico 59	
5.2	Cálculos de caídas de voltaje con influencia de ducha eléctrica.....	63
5.3	Cálculos de caídas de voltaje con influencia de calefón eléctrico	67
5.4	Cálculos de caídas de voltaje con influencia de termostato automatizado 71	
5.5	Costos unitarios de reforzamiento por etapa funcional	75

INDICE DE GRAFICOS Y FIGURAS

Figura 1 Área de Servicio de la Empresa Eléctrica Quito	8
Figura 2 Uso de equipos para calentamiento eléctrico clientes de la EEQ	11
Figura 3 Termostato	12
Figura 4 Calentador Instantáneo o ducha eléctrica	13
Figura 5 Calentador de paso o calefón eléctrico	14
Figura 6 Conjunto Habitacional Dos Hemisferios	19
Figura 7 Redes Eléctricas Conjunto Habitacional Dos Hemisferios	19
Figura 8 Conjunto habitacional Dos Hemisferios dentro del primario 57D	20
Figura 9 Conjunto habitacional Dos Hemisferios	21
Figura 10 Diagrama Unifilar	26
Figura 11 Instalación analizadores energía	28
Figura 12 Ducha Eléctrica (4000 W)	29
Figura 13 Calefón eléctrico (7200 W)	29
Figura 14 Termostato (5850 W)	30
Figura 15 Termostato con Timer (5850 W)	30
Figura 16 Vivienda Tipo	31
Figura 17 Facturación mensual con Ducha Eléctrica	32
Figura 18 Facturación mensual con Calefón Eléctrico	33
Figura 19 Facturación mensual con Termostato con Timer	33
Figura 20 Termostato	46

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Variable independiente	17
Tabla 2 Variable dependiente	18
Tabla 3 Localización Conjunto Dos Hemisferios	18
Tabla 4 Máxima caída de voltaje en medio voltaje	20
Tabla 5 Demanda en Transformadores	22
Tabla 6 Resultados Cálculo Caída de Voltaje	23
Tabla 7 Caída Máxima de Voltaje	24
Tabla 8 Tipos de Medidores	25
Tabla 9 Tipos de Acometidas	25
Tabla 10 Consumo de energía por equipo de Calentamiento eléctrico	31
Tabla 11 Datos para evaluación económica	34
Tabla 12 Evaluación económica cliente	35
Tabla 13 Caída de voltaje red de medio voltaje	36
Tabla 14 Demanda en Transformadores	37
Tabla 15 Resultados Cálculo Caída de Voltaje	38
Tabla 16 Tipos de Acometidas	40
Tabla 17 Acometidas a reforzar	41
Tabla 18 Circuitos alimentadores a reforzar	41
Tabla 19 Acometidas a reforzar	42
Tabla 20 Circuitos alimentadores a reforzar	42
Tabla 21 Consumo de energía por equipo de Calentamiento eléctrico	47
Tabla 22 Datos para evaluación económica Termostato	47

<i>Tabla 23 Evaluación económica implementación termostato con timer</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 24 Caída de voltaje red de medio voltaje</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 25 Demanda en Transformadores con influencia del Termostato</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 26 Resultados Cálculo Caída de Voltaje con influencia del Termostato</i>	<i>51</i>
<i>Tabla 27 Tipos de Acometidas con influencia de Termostato</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 28 Porcentajes a reforzar por etapa funcional.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 29 Costos de reforzamiento por primario/etapa funcional.....</i>	<i>54</i>

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
UNIDAD DE POSGRADOS
MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS

“Evaluación del sistema de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico y su incidencia en el consumo de energía de la Empresa Eléctrica Quito de la ciudad de Quito en el año 2017. Diseño de programa eficiente de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito”

Autor: Soria Riera Ana María
Tutor: PhD. Iliana González Palau

RESUMEN

El siguiente trabajo tiene como objetivo diseñar un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico que evite su incidencia desordenada en el consumo de energía en el sistema eléctrico de la Empresa Eléctrica Quito por la implementación del Plan de Cocción Eficiente (PEC), determinando el equipo más idóneo tanto técnica como económicamente para su implementación.

Para la determinación del impacto en las redes de la Empresa se realiza un análisis de los hábitos de uso o factor de variación horario de equipos de calentamiento eléctrico existentes en el primario seleccionado, con lo que se simula el incremento de demanda en el primario determinándose parámetros de cargabilidad actual y futura, con lo que se puede determinar la criticidad dependiendo del equipo de calentamiento eléctrico utilizado y nos permite determinar los transformadores sobrecargados, problemas de caídas de tensión en red de bajo voltaje y acometidas.

Finalmente se realiza un análisis económico que añadido al análisis técnico nos permite sugerir un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito con la implementación de termostatos automatizados.

Descriptores: Eficiencia energética, PEC, calentamiento eléctrico

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
UNIT OF POSTGRADUATES
MASTERS IN ENERGY MANAGEMENT**

“Evaluation of the electric water heating system of domestic use and its impact on energy consumption of the “Empresa Eléctrica Quito” of the Quito’s city in 2017. Efficient program design of electric water heating of domestic use for the Quito’s city”

**Author: Soria Riera Ana María
Tutor: PhD. Iliana González Palau**

SUMMARY

The objective of this work is to design a program of efficient electric heating of domestic water that avoids its disorderly effect on the electricity consumption of the Electricity Company of Quito by the implementation of the Efficient Cooking Plan (PEC, acronym in spanish), determining the most suitable equipment both technically and economically for its implementation.

An analysis of the habits of use or factor of time variation of electrical heating equipment in the selected primary is carried out to determine the impact on the Company's networks, thus simulating the increase in demand in the primary, determining current and future loadability parameters, so that the criticality can be determined depending on the electric heating equipment used and allows us to determine the overloaded transformers, problems of voltage drops in low-voltage mains and connections.

Finally, an economic analysis is carried out which, added to the technical analysis, allows us to suggest an efficient electric heating of domestic water for the city of Quito with the implementation of automated thermostats.

Descriptors: Energy efficiency, PEC, Electric heating

INTRODUCCIÓN

Situación Problemática

En la actualidad, el sector residencial consume aproximadamente 92% del Gas Licuado de Petróleo (GLP) que se utiliza en el país, mientras que alrededor del 78% de este recurso es importado y subsidiado para poder cubrir la demanda nacional. En este sentido, se ha fortalecido la institucionalidad de este sector, se ha invertido en diversificar las fuentes de energía renovable (centrales eólicas, plantas fotovoltaicas, hidroeléctricas, entre otras). El Gobierno Nacional a través del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), viene impulsando el Plan Nacional de Cocción Eficiente (PEC), alineado al cambio de la Matriz Energética como política de Estado.

Asimismo, se han desarrollado y ejecutado diversos proyectos de eficiencia energética entre los que constan la sustitución de refrigeradoras y focos incandescentes, el alumbrado público eficiente y actualmente el Programa de Eficiencia Energética para la Cocción por Inducción y el Calentamiento de Agua con Electricidad (PEC).

El Programa PEC busca la incorporación de cocinas de inducción y sistemas de calentamiento eléctrico de agua en un período de 3 años, lo que permitirá contribuir al cambio de la matriz energética del país a través de la reducción de la demanda de GLP en el sector residencial; disminuir el gasto en subsidio al GLP, apoyar favorablemente a la Balanza Comercial, estimular la producción nacional de equipos y electrodomésticos de alta eficiencia; y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero que contribuyen al calentamiento global. Para este programa se requiere reforzar todo el Sistema Eléctrico, en sus etapas de: Generación, Transmisión - Subtransmisión, Distribución y Comercialización.

La Empresa Eléctrica Quito cuenta con aproximadamente 1,000,000 de clientes de los cuales 839,120 son clientes residenciales a los que está dirigido el PEC, clientes en los cuales se impulsará la instalación de cocinas de inducción y sistemas de calentamiento eléctrico de agua.

El calentamiento eléctrico de agua para uso doméstico en la ciudad de Quito puede saturar las redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito debido a las siguientes causas:

- Alta demanda de energía eléctrica: pues al implementar calentamiento eléctrico aumenta el requerimiento de energía en las horas pico, lo que estresará la red de distribución.
- Sistemas no automatizados: al implementar calentamiento eléctrico sin la debida automatización.
- Sistema de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico: debido a sistemas de calentamiento eléctricos inadecuados u obsoletos.

Todas estas causas inciden directamente en:

- Red saturada: debido a que existirán horas pico de consumo de energía que aumentará la demanda de energía en la red de distribución.
- Desperdicio de energía eléctrica: dependiendo del tipo de tecnología utilizada para el calentamiento eléctrico de agua el consumo de energía tendrá diferentes grados de eficiencia, razón por la cual se tendrá un consumo inadecuado de esta y se producirá su desperdicio.
- Consumo de energía: el consumo de energía en sistemas de calentamiento eléctricos ineficientes es excesivo, lo que afectará a la red de distribución y a la economía del cliente.

La incorporación de esta cantidad de sistemas de calentamiento eléctrico de agua provocaría demandas altas de energía en la red lo que afectaría a la estabilidad de la red eléctrica y a la calidad de energía entregada a nivel de los usuarios, además influiría en el consumo de cada cliente lo que se reflejaría en su factura mensual. Razón por la cual es importante e indispensable la implementación de un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito.

Es decir que, el problema latente con la implementación del PEC sería la incidencia del calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en el consumo de energía eléctrica y su impacto técnico en las redes eléctricas.

Justificación de la investigación

El diseño de un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito permitirá reducir su impacto en el consumo de energía eléctrica y evitar problemas en las redes eléctricas de la Empresa Eléctrica Quito.

Este estudio es factible, pues se dispone del conocimiento de la tecnología y la información necesaria para su desarrollo. El análisis se hará en instalaciones en donde ya se encuentren instalados calentadores eléctricos y existan los equipos de medición de la Empresa Distribuidora.

La importancia del estudio reside en atenuar la influencia negativa de calentadores eléctricos de agua en las redes de la Empresa Eléctrica, que previamente se encuentran estresadas por el impacto de la incorporación de cocinas de inducción. Además, proveerá orientación a los clientes o usuarios sobre la tecnología más apropiada a implementar en cada uno de sus hogares, que les permita una satisfacción tanto tecnológica como económica, lo cual da más valor a este estudio.

Objeto de estudio de la investigación

Evaluación de los sistemas de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico.

La formulación del problema de investigación

¿Cómo incide el calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en el consumo de energía eléctrica y su impacto técnico en las redes eléctricas de la Empresa Eléctrica Quito, a partir del año 2017?

Campo de acción del objeto de estudio

Eficiencia energética del sistema de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.

Objetivo general de la investigación

Diseñar un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico que evite su incidencia desordenada en el consumo de energía en el sistema eléctrico de la Empresa Eléctrica Quito.

Objetivos específicos

- Analizar técnica y económicamente el ciclo de vida de 3 tecnologías de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.
- Determinar el impacto técnico en las redes de distribución de la Empresa Eléctrica Quito del calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico.
- Diseñar un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito

Hipótesis

La evaluación del sistema de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico permitirá determinar la tecnología adecuada a implementar que reduzca el consumo de energía eléctrica y evite el impacto técnico en las redes eléctricas de la Empresa Eléctrica Quito de la ciudad de Quito.

Sistemas de tareas por objetivos

- Analizar Técnica y Económicamente el ciclo de vida de 3 tecnologías de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.
 - Instalar analizadores de energía en las 3 tecnologías a analizar y registrar consumos de energía y curvas de carga de cada una.
 - Análisis comparativo entre tecnologías.
- Determinar el impacto técnico en las redes de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito al implementar el calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.

- Análisis de demanda eléctrica y consumo de energía eléctrica de cada tecnología.
- Determinación de la incidencia de cada una de las tecnologías estudiadas en la red eléctrica de la Empresa Eléctrica Quito.
- Diseñar un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.
 - Determinación de la tecnología adecuada para los habitantes de la ciudad de Quito.
 - Determinación de la tecnología de menor impacto en las redes de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito.
 - Estructuración del Plan de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.
 - Propuesta y difusión del Plan eficiente de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.

Alcance de la investigación

Consiste en el diseño de un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico que tiene como finalidad reducir el consumo de energía eléctrica en las redes eléctricas de la Empresa Eléctrica Quito, en la ciudad de Quito, en el año 2017.

En forma general se describe el contenido de cada uno de los capítulos que está compuesta la presente investigación

En el capítulo I se describe el marco teórico que soporta la investigación, haciendo referencia a las variables dependientes e independientes.

En el capítulo II se detalla la metodología aplicada, es decir el diseño de la investigación, las modalidades, tipos, y las variables dependiente e independiente.

En el Capítulo III se presentan los resultados obtenidos producto del análisis, medición y modelación de la influencia de cada uno de los equipos de calentamiento eléctrico de agua en estudio.

En el Capítulo IV se exponen las propuestas sostenibles para el uso adecuado de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico.

CAPITULO 1

1 MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

1.1 La Empresa Eléctrica Quito

1.1.1 Infraestructura Eléctrica

La Empresa para garantizar el servicio eléctrico y el crecimiento de la demanda eléctrica a sus clientes, a diciembre 2015 dispone de 38 subestaciones de distribución y 48 transformadores en servicio, de los cuales: 12 transformadores son de 138/22.8 kV, 14 transformadores de 46/22.8 kV, 1 transformador de 46/22/6.3 kV, 1 de 69/23/13.8 kV y 20 transformadores de 46/6.3 kV, con una capacidad instalada total de 1148. MVA en “ONAF”.

A diciembre 2015, estas subestaciones están alimentadas por líneas de subtransmisión en: 231.66 km a 46 kV, 52.0 km en 69 kV y 125.47 km a 138 kV; y, para distribuir la energía en las diferentes zonas de servicio, dispone de 186 circuitos de distribución primaria a 22.8 kV, 6.3 kV y 13.2 kV, de los cuales 10 circuitos son expresos del sistema de transporte TROLEBUS, la longitud de las redes de MV alcanza los 8.214.24 kilómetros; que alimentan a 37,569 transformadores de red, con una capacidad instalada de 2731,54 MVA; en redes secundarias existen 9,415.68 km; 529,629 acometidas y 1,045,275 medidores, entre monofásicos, bifásicos y trifásicos, de los cuales, 5,724 están medidos en medio voltaje y el resto en bajo voltaje; todo orientado a disponer de un sistema eléctrico de alta confiabilidad, seguridad y eficiencia, que garantice calidad del servicio a sus clientes, sin restricciones.

1.1.2 Cobertura

La concesión para el suministro del servicio de electricidad de la EEQ está conformado por los sectores, barrios y parroquias urbanas y rurales de los cantones de la provincia de Pichincha: Quito, Mejía, Rumiñahui, Pedro Vicente Maldonado, San Miguel de los Bancos, parte de Puerto Quito, los sectores rurales: Ascázubi, Cusubamba, Otón, Cangahua y Cagahuapungo del cantón Cayambe; el

1.2 Plan de Cocción Eficiente

Según lo indicado por: **MEER (2015)** “Este plan se fundamenta en la necesidad de aprovechar la disponibilidad energética y poder segregar y fraccionar la utilización de combustibles fósiles (GLP) mediante el remplazo de las cocinas a gas por Cocinas de Inducción Electromagnética, contribuyendo de esta manera a la utilización eficiente de energía” (Pág. 23).

Su principal objetivo es migrar del uso de GLP a la electricidad por inducción para la cocción de alimentos en el sector residencial para de esta manera disminuir el gasto por concepto de GLP al Estado. El Programa busca la incorporación de 3 millones de cocinas eléctricas durante el período 2015 – 2017 y de 1,54 millones entre el 2018 y 2022. Adicionalmente se pretende sustituir los calefones a gas por sistemas eléctricos eficientes de calentamiento de agua para uso sanitario (duchas y calefones).

Censo de Población y Vivienda de 2010, 3.466.737 hogares, es decir el 90,98% de todos los hogares ecuatorianos utilizan Gas Licuado de Petróleo – GLP -, para la cocción de alimentos. En el año 2012 el 92% del total de toneladas de GLP consumidas en el país, se destinaron al sector residencial, esto se traduce en un total de 929.205 toneladas de GLP; de ese total el 76% es importado mientras que apenas el 24% es de producción nacional. Del 100% del GLP usado en el sector residencial el 80% es destinado a la cocción de alimentos, el 15% al calentamiento de agua y un 5% a otros fines.

El cilindro de GLP que se comercializa en nuestro país es una bombona de 15 kg, que gracias al subsidio de parte del Gobierno, tiene un precio oficial al consumidor de \$USD 1,60 llegando a costar hasta \$USD 2 dependiendo del distribuidor y del lugar donde se lo distribuye; mientras que el coste de cada cilindro es de \$USD 20,67 en el mercado internacional, de tal manera que el subsidio al pueblo Ecuatoriano es de \$USD 19,07 por cada cilindro que se consume.

1.3 Argumentación acerca de la necesidad de la investigación

1.3.1 Incentivos tarifarios

El Programa también contempla incentivo tarifario tanto para la cocción como para el calentamiento de agua y este consiste en otorgar desde la inscripción hasta diciembre de 2017 80 kwh/mes a clientes que ya tengan la cocina de inducción en funcionamiento o de 20 kwh/mes por calentamiento de agua a quienes posean duchas eléctricas, termostatos o cualquier otro equipo que utilice energía eléctrica para el calentamiento de agua.

1.3.2 Normativa y regulaciones del PEC

Dado el reto que representa el cambio de matriz energética y productiva en el país, el análisis riguroso de todos los factores que intervienen en los procesos de transformación es imperante para el cumplimiento de las metas gubernamentales, en un marco de suficiencia y renovabilidad. Sobre esta base el estado Ecuatoriano menciona según:

Asamblea Constituyente (2008) Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Asamblea Constituyente (2008) Art. 414.- El Estado adoptará medidas adecuadas y transversales para la mitigación del cambio climático, mediante la limitación de las emisiones de gases de efecto invernadero, de la deforestación y de la contaminación atmosférica; tomará medidas para la conservación de los bosques y la vegetación, y protegerá a la población en riesgo.

Asamblea Constituyente, (2008) Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua. Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos,

agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

1.4 Bases teóricas particulares de la investigación

1.4.1 Equipos de Calentamiento Eléctrico

Cevallos F. (2010) “aproximadamente un 58% del calentamiento de agua es para baño con ducha eléctrica, 35% con calefón a gas y el consumo promedio para este uso es de un tanque al mes. Cabe señalar que el porcentaje de encuestados con agua caliente va desde 50% para el estrato 1 hasta 80% para el estrato 11, en los estratos más altos la proporción es menor aunque en parte debido a algunas respuestas no obtenidas. Ajustando estos últimos estratos manteniendo las tendencias de los estratos 1 a 11, se tendría en total que un 27% de los usuarios no usa agua caliente.” (p 30)

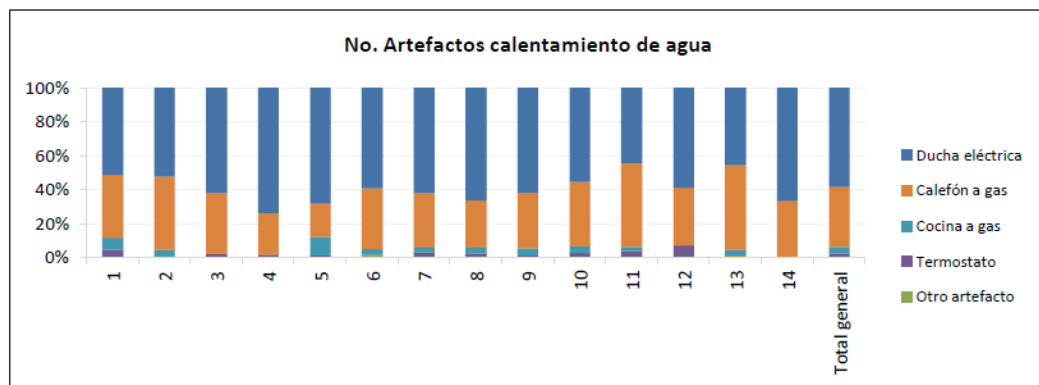


Figura 2 Uso de equipos para calentamiento eléctrico clientes de la EEQ

Fuente: Empresa Eléctrica Quito

1.4.1.1 Por acumulación o Termostato

En un depósito se calienta el agua mediante una caldera exterior, para tener, en cualquier momento, suficiente cantidad para los usos previstos en la instalación. Este sistema, que se llama centralizado, además puede preparar el agua para un solo usuario (una sola vivienda o local) o para muchos usuarios (sistema

colectivo). Si el depósito de acumulación y las conducciones son de tamaño suficiente, pueden utilizar el servicio muchos puntos a la vez.

Puede acumularse el agua a diversas temperaturas. Cuanto mayor sea, mayor cantidad de calor se guarda en el acumulador. Normalmente se acumula a una temperatura de 60 °C (que de vez en cuando conviene subir hasta 70 °C para prevenir la legionelosis). Como lo más corriente es usar el agua caliente mezclada con fría, se puede conseguir la temperatura deseada manipulando los mandos de la grifería, pero algunos usos requieren temperaturas superiores (lavadoras, lavavajillas) y se usa directamente. Cuando la distribución es con tuberías de acero galvanizado, no debe superarse la de 58 °C, puesto que a mayores temperaturas ataca la protección galvánica, destruyéndola, y empieza a corroerse el acero sin protección. También, las aguas duras depositan las sales disueltas en forma de carbonatos insolubles cuando la temperatura supera los 60 °C, y se depositan precisamente en los elementos de calentamiento (intercambiadores, resistencias eléctricas), que están a mayor temperatura que el agua; el problema es que estas sales depositadas son un eficaz aislante térmico, con lo que reducen el rendimiento de estos dispositivos.



Figura 3 Termostato

1.4.1.2 Por calentamiento "instantáneo" o ducha eléctrica

En los aparatos de calentamiento de agua "instantáneos", el agua circula por un serpentín calentado directamente por la llama del calentador o mediante un intercambiador por el que circula agua calentada (en general, de la utilizada para calefacción). Dada la potencia necesaria en caldera, este sistema solamente puede alimentar un punto de consumo o grifo, cuando se trata de ducha o bañera, y dos cuando son de poco caudal.³

Estos aparatos calientan un determinado caudal de agua (depende del modelo o potencia) 25 °C por encima de la temperatura del agua que llega. Como esta suele tener una gama entre 5 y 18 °C, el agua resultante estaría entre 30 y 43 °C. Puede subirse la temperatura reduciendo el caudal que pasa por el calentador mediante la llave de paso de entrada, pero en los más pequeños resulta un caudal ridículo.



Figura 4 Calentador Instantáneo o ducha eléctrica

1.4.1.3 Calentadores de paso o calefón eléctrico

Son también de reducido tamaño. Son unidades que permanecen apagadas, sin consumir energía, mientras no hay consumo de agua caliente. Un sensor de flujo se activa cuando detectan circulación de agua e inician su procedimiento de calentamiento. Los modelos eléctricos van desde los 8 kW (1,91 kcalorías/s) hasta los 22 kW (5,26 kcalorías/s) y están equipados con resistencias calentadoras de inmersión.

Los modelos más avanzados están equipados con controles electrónicos de temperatura y caudalímetros. De esta manera el usuario puede seleccionar la temperatura que desea en grados. El controlador electrónico mide el flujo de agua

que está circulando, la temperatura de entrada, y gradúa la potencia que aplicarán las resistencias de calentamiento, en el caso de los modelos eléctricos, o el tamaño de la llama en los modelos a gas.



Figura 5 Calentador de paso o calefón eléctrico

1.5 Conclusiones parciales del capítulo 1

- Se revisaron y estudiaron diferentes bibliografías de trabajos relacionados con el tema que sirvieron de base para desarrollar nuestra investigación para la determinación de la tecnología eficiente para calentamiento eléctrico de agua de uso residencial.
- Se explicaron las bases fundamentales de la implementación del Plan de Cocción Eficiente como aporte al cambio de la matriz energética y su posible incidencia en las redes de Distribución.
- El estudio de implantación de la tecnología más idónea para calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico tiene resultados positivos para la promulgación del uso adecuado de energía eléctrica y su incidencia directa en el medio ambiente.

CAPITULO 2

2 METODOLOGÍA

2.1 Diseño de la investigación

Se recogen estructuralmente los elementos metodológicos generales que describen las distintas etapas llevadas a cabo, en base a ello se ha podido dar forma al modelo de la investigación facilitando el entendimiento y brindando una guía para el desarrollo de la misma.

2.1.1 Modalidad de la investigación

Las modalidades de investigación implementadas para la propuesta de un sistema de calentamiento eléctrico eficiente de agua son:

2.1.1.1 De Campo

Mediante la instalación de analizadores de redes se verificará el comportamiento de los diferentes tipos de calentadores eléctricos a ser estudiados y su influencia en las redes de la Empresa Eléctrica Quito.

2.1.1.2 Bibliográfica - Documental

Ha sido de gran apoyo la información bibliográfica que se encuentra en textos y artículos científicos sobre los parámetros técnicos de estos calentadores eléctricos y sus características principales.

2.1.1.3 Experimental

Es el estudio en que se manipulan ciertas variables independientes para observar los efectos en las respectivas variables dependientes. El propósito es precisar la relación causa efecto.

Utilización de simulaciones que ayuden a simular el comportamiento de cada equipo de calentamiento eléctrico de agua y su impacto en las redes de la empresa Eléctrica Quito.

2.1.1.4 Modalidades especiales Proyecto - Factible

Comprende la elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable, para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos.

Diseño del Programa Eficiente de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito

2.1.2 Tipo de investigación

Se detallan los tipos de investigación utilizados

2.1.2.1 Exploratorio

Pone al investigador en contacto con la realidad, observación preliminar del área, elementos y relaciones del objeto de estudio. Conocimiento superficial.

El tipo de investigación utilizado es exploratorio, pues se realiza una observación previa del campo de actuación para tener un conocimiento superficial de la implementación de equipos de calentamiento eléctrico de agua.

2.1.2.2 Explicativo

Comprueba experimentalmente una hipótesis. Detecta los factores que determinan ciertos comportamientos. (Variables con otras variables)

Además se utiliza el tipo de investigación explicativo pues permitirá determinar experimentalmente el sistema eléctrico de calentamiento de agua más eficiente a impulsar para la propuesta del Plan eficiente de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico.

2.2 Determinación de las variables

La problemática del sistema de calentamiento eléctrico de agua involucra las variables siguientes:

Independiente: Sistema de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico

Dependiente: Consumo de energía eléctrica

Analizando las variables descritas se determina que al no tener una tecnología definida para el calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito podría causar colapso en las redes de la Empresa Eléctrica Quito e influir directamente en la economía de los usuarios.

2.2.1 Operacionalización de las variables

A continuación se describe la operacionalización de las variables en las cuales se va a trabajar en la presente investigación.

Tabla 1 Variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE: Sistema de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es un proceso termodinámico que usa energía para elevar la temperatura del agua para utilizarla en actividades domésticas residenciales	Portadores energéticos (agua, glp, energía eléctrica)	Consumo de energía eléctrica del calentador eléctrico de agua	kWh	Medición	Analizador de redes
	Dimensión de los calentadores	Eficiencia del calentador eléctrico	%	Comparaciones	Características estándar
	Potencia requerida	Potencia de calentamiento	kW	Comparaciones	Características estándar

En la variable independiente obtendremos los indicadores de la cantidad de energía eléctrica que consume cada equipo de calentamiento eléctrico y la Potencia estándar de los equipos a implementar para lo cual utilizaremos analizadores de redes y características técnicas propias de los equipos.

Tabla 2 Variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE: Consumo de energía eléctrica

Concepto	Categoría	Indicadores	Item	Técnicas	Instrumentos
Es la determinación de la cantidad de energía que consume un cliente residencial en un intervalo de tiempo determinado	Eficiencia energética	demanda	kW	Cálculos	Ecuaciones
	Prefactibilidad	Costo	\$	Cálculos	Ecuaciones

En la variable dependiente obtendremos los indicadores de la demanda de energía que requerirá cada equipo de calentamiento lo que impactará en mayor o menor medida en las redes de la Empresa Distribuidora, mediante cálculos de caídas de tensión.

2.3 Determinación del lugar representativo para el análisis del impacto en la utilización de calentamiento eléctrico de agua

Para el desarrollo de este estudio se ha seleccionado un conjunto tipo que represente al esquema eléctrico más común dentro de la infraestructura de la EEQ que permita extrapolar el análisis al general de clientes residenciales de la EEQ, por lo que se realiza el análisis en el Conjunto Dos Hemisferios, con las características siguientes:

Tabla 3 Localización Conjunto Dos Hemisferios

CONJUNTO HABITACIONAL DOS HEMISFERIOS	
ZONA GEOGRÁFICA	17 S
PROVINCIA	Pichincha
CANTÓN	Quito
PARROQUIA	Pomasqui
SUPERFICIE APROXIMADA (km ²)	0.144
COORDENADA X	781753.80
COORDENADA Y	9992185.02

Fuente: Empresa Eléctrica Quito

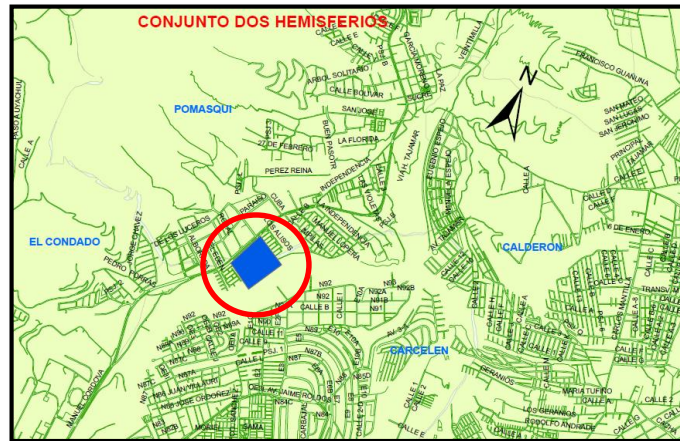


Figura 6 Conjunto Habitacional Dos Hemisferios
Fuente: Autor



Figura 7 Redes Eléctricas Conjunto Habitacional Dos Hemisferios
Fuente: Autor

2.3.1 Situación actual

Red de Medio Voltaje sin influencia de calentamiento eléctrico: Para realizar el análisis de la red de medio voltaje se utilizó el software computacional CYME 7.2 CYMDIST, realizando flujos de carga con el método de caída de voltaje desequilibrada.

La base de datos que utiliza para topología de red es migrada del software de georeferencia ARCGIS y los parámetros eléctricos de la fuente, en este caso la subestación Pomasqui 57 es tomada de mediciones que realiza el Departamento de Planificación de la EEQ.

Los parámetros de carga los calcula el software CYME 7.2, a través de la herramienta de distribución de carga.

A continuación se muestra la caída de voltaje y el flujo máximo de potencia en la red de Medio Voltaje que alimenta al conjunto habitacional Dos Hemisferios.

Tabla 4 Máxima caída de voltaje en medio voltaje

PRIMARIO	TRANSFORMADOR MAS DISTANTE	NOMBRE DEL TRAMO	POTENCIA ACTIVA [kW]	POTENCIA REACTIVA [kVAR]	CAIDA DE VOLTAJE
57D	32307	121410MA	11,7	3,6	0,43%

Fuente: Autor

En el siguiente gráfico se muestra la ubicación del conjunto habitacional Dos Hemisferios dentro del primario 57D, que es como nos muestra el CYME 7.2.

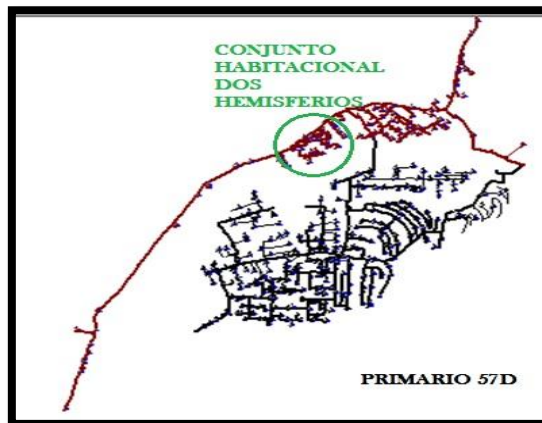


Figura 8 Conjunto habitacional Dos Hemisferios dentro del primario 57D

Fuente: Autor



Figura 9 Conjunto habitacional Dos Hemisferios
Fuente: Autor

Debido a los resultados obtenidos, se concluye que la red de medio voltaje en estudio no se encuentra en su límite de cargabilidad ni de caída de voltaje.

Transformadores de Distribución sin influencia de calentamiento eléctrico:

Para determinar la demanda de diseño de los transformadores, se utilizó el Método de la REA (Rural Electrification Administration).

Se determinaron 2 demandas de diseño, la primera tomando el número de clientes asociados al transformador y el consumo promedio de 12 meses para realizar el cálculo. La segunda tomando el número de clientes asociados al transformador y el consumo máximo del estrato tipo C, obteniendo los resultados que se indican a continuación.

Tabla 5 Demanda en Transformadores

ITEM	# TRANSF.	# DE CLIENTES	TIPO DE CLIENTES	POTENCIA TRAF0 [kVA]	CONSUMO PROMEDIO 12 MESES [kWh/mes]	DEMANDA DE DISEÑO USANDO CONSUMO PROMEDIO [kVA]	DEMANDA DE DISEÑO USANDO NORMAS EEQ [kVA]	FACTOR DE UTILIZACIÓN [%]
1	32287	35	C	75	148	22	38	51%
2	32289	27	C	75	165	20	31	41%
3	32291	34	C	45	219	31	37	83%
4	32292	44	C	75	196	35	47	62%
5	32293	20	C	60	175	17	24	40%
6	32295	15	C	50	184	14	19	37%
7	32296	23	C	60	195	20	27	45%
8	32297	32	C	90	167	23	36	40%
9	32298	38	C	75	171	27	41	55%
10	32299	20	C	60	174	17	24	40%
11	32300	22	C	75	150	16	26	35%
12	32302	60	C	75	166	39	61	82%
13	32304	37	C	60	169	26	40	67%
14	32305	21	C	45	187	18	25	56%
15	32307	29	C	60	198	25	33	54%
16	46758-32288	78	C	100	142	43	77	77%
17	103250	21	C	50	38	4	25	50%
18	105767	36	C	75	118	19	39	52%
19	111233	48	C	75	176	34	51	68%
20	111234	57	C	100	175	39	59	59%
21	115146	15	C	25	142	11	19	75%
22	115147	11	C	25	175	11	14	57%
TOTAL		748		1565	170			

Fuente: Autor

Debido a que los factores de utilización son menores al 100%, por los resultados obtenidos, se concluye que los transformadores analizados no se encuentran sobrecargados en la actualidad.

Red de Bajo Voltaje sin influencia de calentamiento eléctrico: Se realizó el cálculo de caída de voltaje de los circuitos de Bajo Voltaje existentes en el primario que alimentan a cargas de casas o departamentos, del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 6 Resultados Cálculo Caída de Voltaje

ITEM	# TRANSF.	# DE CLIENTES	TIPO DE CLIENTES	POTENCIA TRAFIO [kVA]	MAXIMA CAIDA DE VOLTAJE CALCULADA[%]	CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA PERMITIDA [%]
1	32287	35	C	75	0,00%	3,5%
2	32289	27	C	75	0,00%	3,5%
3	32291	34	C	45	2,20%	3,5%
4	32292	44	C	75	1,72%	3,5%
5	32293	20	C	60	2,11%	3,5%
6	32295	15	C	50	0,69%	3,5%
7	32296	23	C	60	2,11%	3,5%
8	32297	32	C	90	2,17%	3,5%
9	32298	38	C	75	0,00%	3,5%
10	32299	20	C	60	0,48%	3,5%
11	32300	22	C	75	0,82%	3,5%
12	32302	60	C	75	2,13%	3,5%
13	32304	37	C	60	2,07%	3,5%
14	32305	21	C	45	0,50%	3,5%

15	32307	29	C	60	1,75%	3,5%
16	46758-32288	78	C	100	0,00%	3,5%
17	103250	21	C	50	0,00%	3,5%
18	105767	36	C	75	0,61%	3,5%
19	111233	48	C	75	0,00%	3,5%
20	111234	57	C	100	0,28%	3,5%
21	115146	15	C	25	1,04%	3,5%
22	115147	11	C	25	0,00%	3,5%
TOTAL		748		1565		

Fuente: Autor

NOTA: Las caídas de voltaje de 0% es debido a que las acometidas domiciliarias están directamente instaladas desde el transformador de distribución.

Por los resultados obtenidos, se concluye que las redes de bajo voltaje en análisis se encuentran en los rangos aceptados de caída de voltaje, ya que dicha caída máxima que se tiene es del 2,2% y de acuerdo con las normas de la Empresa Eléctrica Quito Parte A/Sección A-11, el máximo permisible es de 3,5% tal como se indica a continuación:

Tabla 7 Caída Máxima de Voltaje

Caída (S/E con cambiador de taps bajo carga)	Máxima de de	Voltaje en la	Red	Secundaria
Componentes del Sistema de Distribución	Alimentador			
		Urbano	Rural	
		Caída de Voltaje	Caída de voltaje	
Secundario		3%	3.50%	

Fuente: Autor

Acometidas y Medidores sin influencia de calentamiento eléctrico: Se encuentran instalados 743 medidores, todos son de tipo residencial y 360

acometidas. Los tipos de equipos de medición, así como de acometidas existentes se señalan a continuación.

Tabla 8 Tipos de Medidores

MEDIDORES CONJUNTO HABITACIONAL DOS HEMISFERIOS				
TIPO DE SERVICIO	MONOFÁSICOS	BIFÁSICOS	TRIFÁSICOS	TOTAL
COMERCIAL		20	3	23
OTROS	1	8		9
RESIDENCIAL		740	3	743
TOTAL	1	768	6	775

Fuente: Autor

Tabla 9 Tipos de Acometidas

# DE ACOMETIDAS	ACOMETIDA				DEMANDA [kVA]			CAIDA DE VOLTAJE		
	CALIBRE	AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN [kVA]	# DE USUARIOS/ ACOMETIDA	TIPO DE USUARIO	DEMANDA DE DISEÑO [kVA]	DISTANCIA [m]	CAIDA DE VOLTAJE [%]	CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA PERMITIDA [%]	
262	3X8	TW	8,80	1	C	4,23	17,13	0,74%	2%	
15	3X2+4	TTU	43,77	12	C	20,81	30,45	1,44%	2%	
16	3X2+4	TTU	43,77	13	C	22,55	30,45	1,56%	2%	
2	3X2+4	TTU	43,77	14	C	23,69	30,45	1,64%	2%	
65	3X6+8	TTU	32,35	1	C	4,23	20	0,56%	2%	

Fuente: Autor

Debido a que la demanda de diseño es menor a la capacidad de conducción no hay problemas de deterioro de aislamiento, por lo que no existe la probabilidad de interrupciones de servicio en las acometidas. No existe problemas de calidad de producto porque la caída de voltaje es menor a la caída de voltaje máxima permitida.

A continuación se muestra el diagrama unifilar de las redes eléctricas asociadas el transformador de 75 kVA N.- 32300.

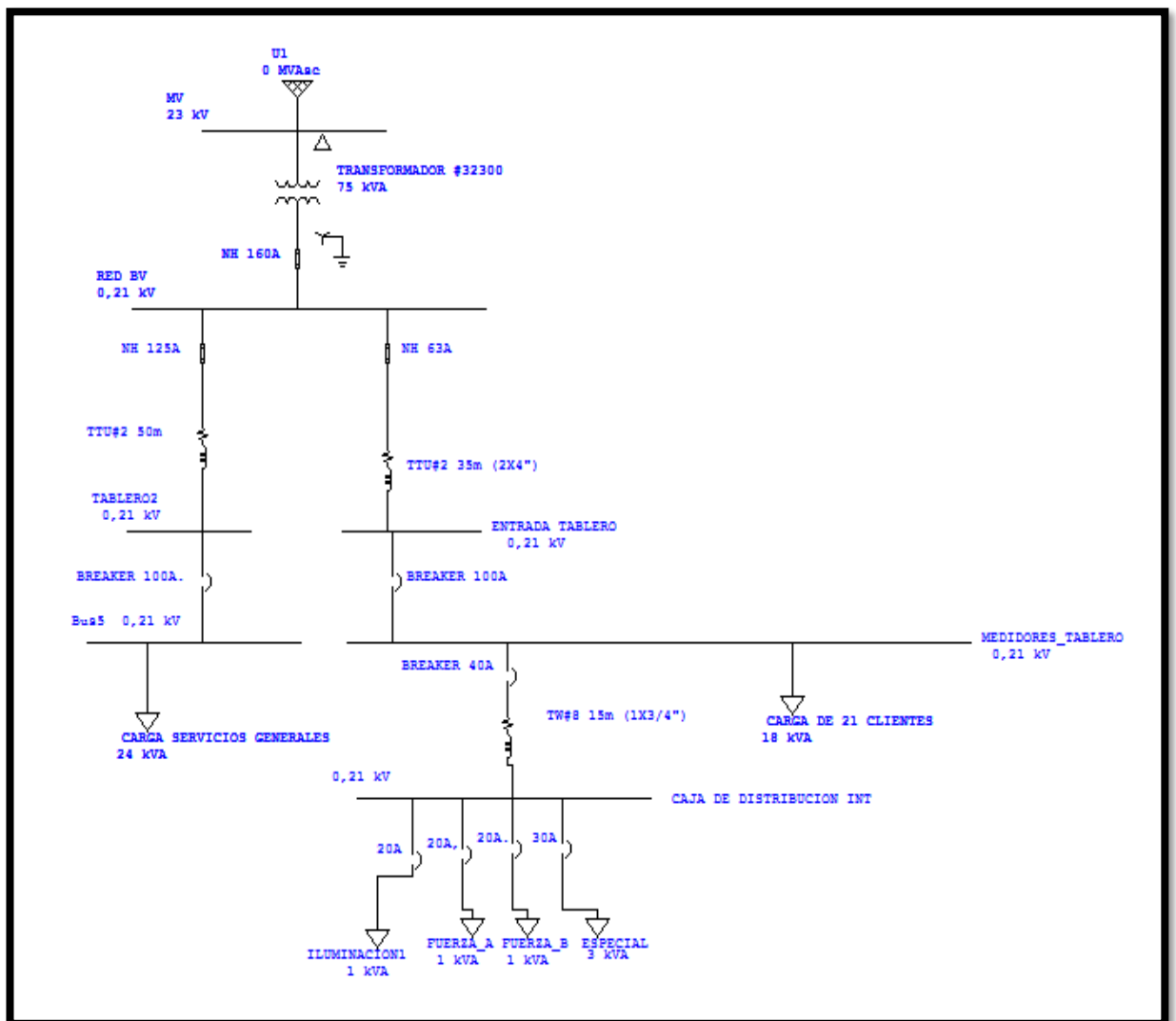


Figura 10 Diagrama Unifilar

Fuente: Autor

2.4 Conclusiones parciales del capítulo 2

- Podemos concluir que el conjunto habitacional Dos Hemisferios conjuga las características del tipo de clientes asociados al sistema eléctrico de la EEQ, lo que permitirá extrapolar los resultados al universo de clientes residenciales de la empresa Distribuidora.
- Del cálculo de los parámetros eléctricos iniciales del conjunto habitacional Dos Hemisferios se puede concluir que se encuentran dentro de los rangos técnicos requeridos para su correcto funcionamiento en las diferentes etapas funcionales.

CAPITULO 3

3 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Análisis de la influencia de los equipo de calentamiento eléctrico de agua

Para el análisis se han considerado 3 escenarios, de acuerdo al tipo de equipo de calentamiento eléctrico y potencia de estos, tal como se menciona a continuación:

- **ESCENARIO 1:** Implementación de ducha eléctrica de 4000 W.
- **ESCENARIO 2:** Implementación de calefón eléctrico de 7200 W.
- **ESCENARIO 3:** Implementación de termostato con timer de 5850 W.

3.1.1 Análisis Técnico - Económico el ciclo de vida de 3 tecnologías de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.

Se instalan analizadores de energía en los 3 tipos de tecnología, cumpliendo tiempos de normativa vigente de intervalos de 10 minutos y se registran consumos de energía y curvas de carga de cada una, detallados a continuación:



Figura 11 Instalación analizadores energía

Fuente: Autor

3.1.1.1 CURVAS DE CARGA:

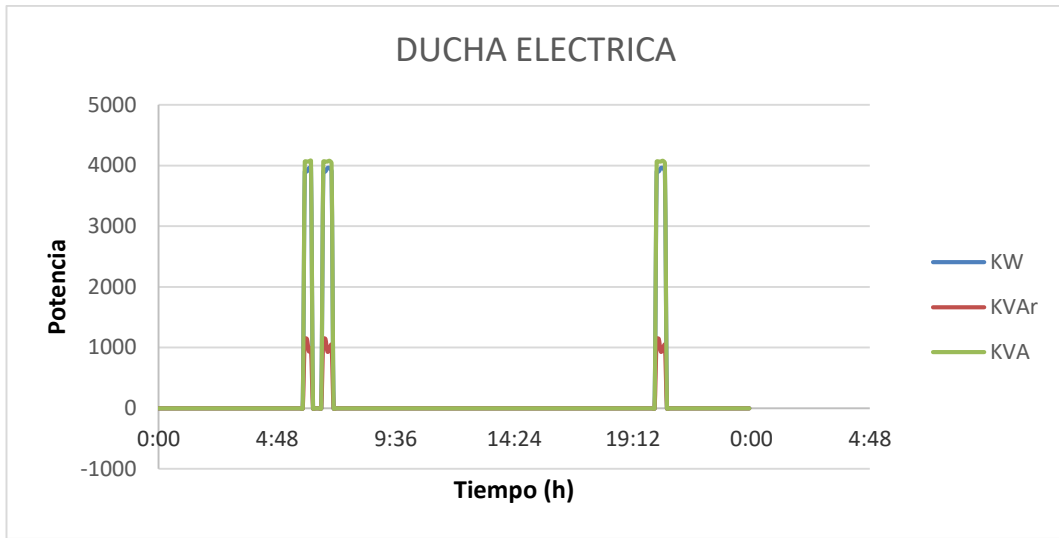


Figura 12 Ducha Eléctrica (4000 W)

Fuente: Autor

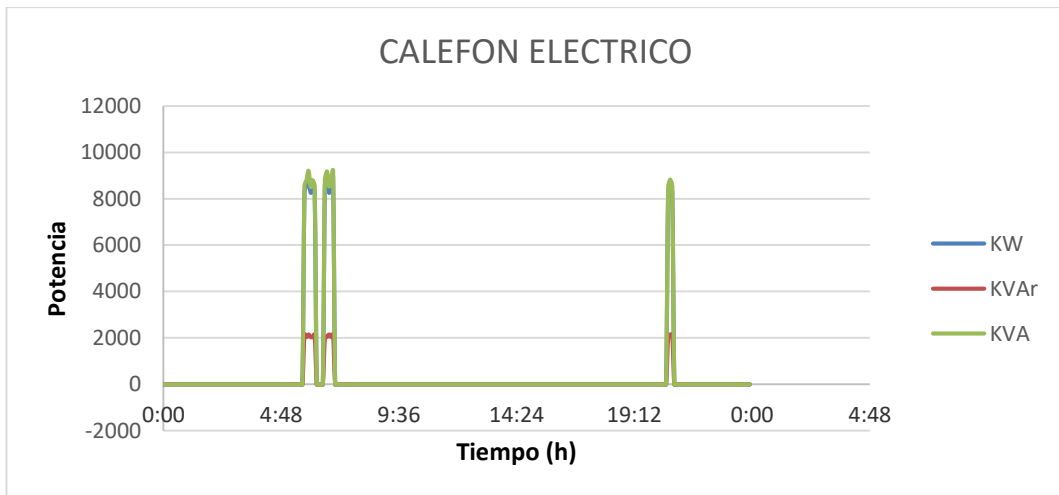


Figura 13 Calefón eléctrico (7200 W)

Fuente: Autor

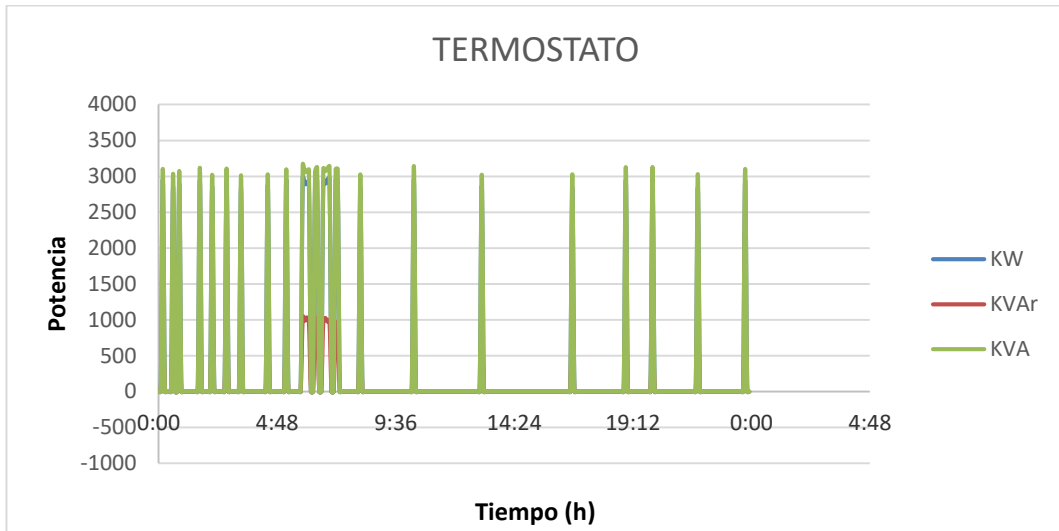


Figura 14 Termostato (5850 W)
Fuente: Autor

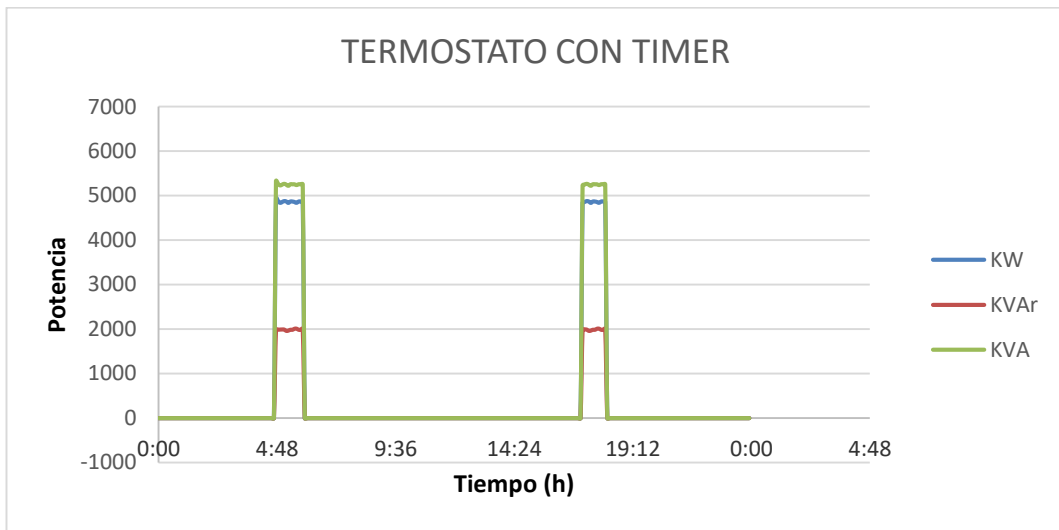


Figura 15 Termostato con Timer (5850 W)
Fuente: Autor

3.1.1.2 CONSUMOS DE ENERGÍA

Tabla 10 Consumo de energía por equipo de Calentamiento eléctrico

EQUIPO	POTENCIA kVA	TIEMPO MIN	ENERGIA DIARIA kWh	ENERGIA MENSUAL kWh	TEMPERATURA DE CALENTAMIENTO °C
DUCHA	4028	55	3,69	77,54	35
CALEFON	8520	110	15,62	328,02	50
TERMOSTATO CON TIMER	3025	125	6,30	132,34	70

Fuente: Autor

3.1.1.3 ANÁLISIS ECONÓMICO

Para el análisis económico se ha considerado un esquema tipo de vivienda.

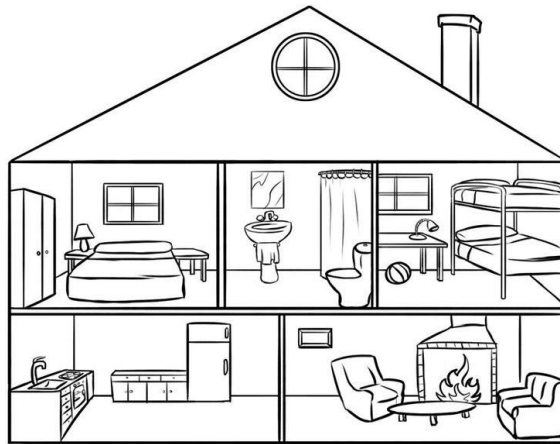


Figura 16 Vivienda Tipo

Fuente: Autor

En este esquema se estima el abastecimiento de 3 puntos de calentamiento; antes de hacer el análisis económico se deben tener en cuentas ciertas consideraciones:

- La ducha eléctrica abastece solo a un punto de calentamiento y su poder de calentamiento por su potencia es menor al de los otros equipos.
- Tanto el calefón eléctrico como el termostato requieren de un mantenimiento anual para garantizar su correcto funcionamiento, la ducha requerirá un mantenimiento esporádico.

Con el detalle de energía consumida de la tabla 8 se ha simulado la facturación mensual por consumo de energía eléctrica que mensualmente se emitiría.

Oracle Forms Runtime
Action Edit Query Block Record Field Window Help

<TOSFAC> Orientación de Facturación de Consumos
EMPRESA ELÉCTRICA QUITO S.A.

Siee Comercial

Tarifa: 215 Residencial PEC
 Período del 01/01/17 al 30/01/17
 Punto de entrega: 1 Baja Tension
 Demanda Contratada: 0.00
 Carga Instalada: 0.00 KW
 Consumo Base PEC: KWH
 Cocción: Calentamiento:
 Modalidad aplicacion pliego: 0
 Demanda Maxima: 0

CONCEPTO	CONS	UNID	VALOR
CONSUMO	136	USD	10.99
COMERCIALIZACION	136	USD	1.41
SERV.ALUM.PUB	0	USD	0.86
IMPUESTO BOMBEROS	0	USD	1.88
TASA RECOLECCION BAS	0	USD	2.36
TOTAL:			17.50

Subsidio Tarifa Eléctrica: 8.13

Figura 17 Facturación mensual con Ducha Eléctrica

Fuente: Empresa Eléctrica Quito

Oracle Forms Runtime
Action Edit Query Block Record Field Window Help

<TOSFAC> Orientación de Facturación de Consumos

Siee Comercial

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.

.Tarifa : 215 Residencial PEC
 .Periodo del 01/01/17 al 30/01/17
 .Punto de entrega: Baja Tension
 .Demanda Contratada : 0.00
 Carga Instalada : 0.00 KW
 Consumo Base PEC: 0 KWH
 Cocción: Calentamiento:
 Modalidad aplicacion pliego: 0
 Demanda Maxima: 0
 AT Activa Trifasica 406

Provincia: 17 PICHINCHA
 Cantón: 4 DISTRITO METROPOLITANO QUITO
 Zona:
 Parroquia:
 Centro Poblado:
 Suministro: -

CONCEPTO	CONS	UNID	VALOR
CONSUMO	386	USD	35.94
COMERCIALIZACION	386	USD	1.41
SERV.ALUM.PUB	0	USD	2.59
IMPUESTO BOMBEROS	0	USD	1.88
SUBSIDIO SOLIDARIO.	0	USD	3.74
TASA RECOLECCION BAS	0	USD	7.67
TOTAL:			53.23

Subsidio Tarifa Eléctrica: 18.33

Figura 18 Facturación mensual con Calefón Eléctrico

Fuente: Empresa Eléctrica Quito

Oracle Forms Runtime
Action Edit Query Block Record Field Window Help

<TOSFAC> Orientación de Facturación de Consumos

Siee Comercial

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.

.Tarifa : 215 Residencial PEC
 .Periodo del 01/01/17 al 30/01/17
 .Punto de entrega: Baja Tension
 .Demanda Contratada : 0.00
 Carga Instalada : 0.00 KW
 Consumo Base PEC: 0 KWH
 Cocción: Calentamiento:
 Modalidad aplicacion pliego: 0
 Demanda Maxima: 0
 AT Activa Trifasica 210

Provincia: 17 PICHINCHA
 Cantón: 4 DISTRITO METROPOLITANO QUITO
 Zona:
 Parroquia:
 Centro Poblado:
 Suministro: -

CONCEPTO	CONS	UNID	VALOR
CONSUMO	190	USD	16.04
COMERCIALIZACION	190	USD	1.41
SERV.ALUM.PUB	0	USD	1.21
IMPUESTO BOMBEROS	0	USD	1.88
SUBSIDIO SOLIDARIO.	0	USD	1.75
TASA RECOLECCION BAS	0	USD	3.40
TOTAL:			25.69

Subsidio Tarifa Eléctrica: 10.67

Figura 19 Facturación mensual con Termostato con Timer

Fuente: Empresa Eléctrica Quito

Con estas consideraciones la información que alimentará a nuestro análisis económico será:

Tabla 11 Datos para evaluación económica

EQUIPO	COSTO EQUIPO	PUNTOS DE CALENTAMIENTO	COSTO MANTENIMIENTO	TOTAL COSTO POR PUNTO DE CALENTAMIENTO	USD CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PUNTO DE CALENTAMIENTO	USD CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA TOTAL	AÑOS DE VIDA ÚTIL	TOTAL
DUCHA ELÉCTRICA	80		10	270	17,5	52,5	10	322,5
CALEFÓN ELÉCTRICO	500	3	40	540	53,23	53,23	10	593,23
TERMOSTATO CON TIMER	400		40	440	25,69	25,69	5	465,69

Fuente: Autor

Además para el análisis económico intervienen las siguientes consideraciones:

- Los valores que dejará de pagar el cliente por no utilización o por la no implementación de una tecnología de consumo elevado de energía, por lo que la base de comparación sería el calefón eléctrico cuyo consumo de energía es el mas elevado y la diferencia de consumo entre las otras tecnologías en estudio es el beneficio económico que se aplica al análisis.
- Tasa de descuento del 12 % que es la autorizada por el Banco Central.
- Tiempo de vida útil de cada tecnología

Del análisis económico realizado se tiene los siguientes resultados:

Tabla 12 Evaluación económica cliente

RESUMEN DE RESULTADOS						
EVALUACIÓN PROYECTO		Calentamiento eléctrico de agua				
ESCENARIO	TIEMPO DE EVALUACIÓN	TASA DE DESCUENTO	VALOR NETO ACTUAL	RELACIÓN BENEFICIO COSTO	TASA INTERNA DE RETORNO	
DUCHA ELÉCTRICA CALEFÓN ELÉCTRICO	10,00	0,12	277,01	0,15	-	-
TERMOSTATO CON TIMER	5,00	0,12	647,12	2,19	67,04%	-

Fuente: Autor

De esta evaluación económica se puede apreciar a simple vista que el sistema que le conviene tanto técnica, por su eficiencia en calentamiento y disponibilidad de utilización, como económicamente por su viabilidad y beneficio económico es el sistema con Termostato con Timer.

3.1.2 Determinación del impacto técnico en las redes de Distribución de la Empresa Eléctrica Quito al implementar el calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en la ciudad de Quito.

En el siguiente punto se presenta el análisis del impacto que se tendría en las redes eléctricas del conjunto habitacional Dos Hemisferios, con la implementación de los equipos de los 3 escenarios de calentamiento eléctrico de agua.

3.1.2.1 Red de Medio Voltaje con calentamiento eléctrico

El análisis se lo hizo con el mismo software utilizado para condiciones iniciales.

Los parámetros de carga los calcula el software CYME 7.2, a través de la herramienta de distribución de carga y además se incluyó el incremento de carga por calentamiento eléctrico en el conjunto habitacional Dos Hemisferios.

A continuación se muestra la caída de voltaje y el flujo máximo de potencia en la red de Medio Voltaje que alimenta al conjunto habitacional Dos Hemisferios.

Tabla 13 Caída de voltaje red de medio voltaje

PRIMARIO	TRANSFORMADOR MAS DISTANTE	NOMBRE DEL TRAMO	POTENCIA ACTIVA [kW]	POTENCIA REACTIVA [kVAR]	CAIDA DE VOLTAJE
57D	32307	121410MA	30,3	9,6	1,24%

Fuente: Autor

Debido a los resultados obtenidos, se concluye que la red de medio voltaje en análisis no se encuentra en su límite de cargabilidad ni de caída de voltaje.

3.1.2.2 Transformadores de Distribución con calentamiento eléctrico

Para definir el impacto que tendrá instalar calentamiento eléctrico en los transformadores de distribución se realiza dos consideraciones:

- En la determinación de la demanda de diseño, para todos los equipos de calentamiento eléctrico, se considera un valor de potencia de 4 kW.
- El impacto de la potencia de los equipos de calentamiento eléctrico, de 5850 W y 7000 W, se refleja en el consumo del usuario tipo C que se está usando para determinar la demanda de diseño.

Se determinaron 2 demandas de diseño, la primera tomando el número de clientes asociados al transformador y el consumo promedio de 12 meses más el consumo de 100 kWh/mes por equipo de calentamiento eléctrico. La segunda tomando el número de clientes asociados al transformador y el consumo máximo del estrato tipo C más una potencia nominal de 4000 W, que corresponde a la potencia de la

ducha eléctrica, obteniendo los resultados que se indican a continuación mediante el método de la REA.

Tabla 14 Demanda en Transformadores

ITEM	# TRANSF.	# DE CLIENTES	TIPO DE CLIENTES	POTENCIA TRAF0 [kVA]	DEMANDA DE DISEÑO ACTUAL	DEMANDA DE DISEÑO CON DUCHA ELECTRICA	DEMANDA DE DISEÑO TERMOSTATO TEMPORIZADO	DEMANDA DE DISEÑO CON CALEFON	FACTOR DE UTILIZACIÓN DUCHA ELÉCTRICA [%]	FACTOR DE UTILIZACIÓN TERMOSTATO CON TEMPORIZADOR [%]	FACTOR DE UTILIZACIÓN CALEFÓN ELÉCTRICO[%]
1	32287	35	C	75	22	35	38	63	47%	51%	84%
2	32289	27	C	75	20	30	31	50	40%	41%	67%
3	32291	34	C	45	31	43	37	61	95%	83%	136%
4	32292	44	C	75	35	50	47	77	66%	62%	102%
5	32293	20	C	60	17	25	24	39	42%	40%	65%
6	32295	15	C	50	14	21	19	30	42%	37%	60%
7	32296	23	C	60	20	29	27	44	49%	45%	73%
8	32297	32	C	90	23	35	36	58	39%	40%	65%
9	32298	38	C	75	27	41	41	67	54%	55%	90%
10	32299	20	C	60	17	25	24	39	41%	40%	65%
11	32300	22	C	75	16	25	26	42	33%	35%	56%
12	32302	60	C	75	39	59	61	101	79%	82%	134%
13	32304	37	C	60	26	40	40	66	66%	67%	110%
14	32305	21	C	45	18	27	25	41	60%	56%	90%
15	32307	29	C	60	25	36	33	53	59%	54%	89%
16	46758-32288	78	C	100	43	69	77	127	69%	77%	127%
17	103250	21	C	50	4	14	25	41	28%	50%	81%
18	105767	36	C	75	19	32	39	64	43%	52%	86%
19	111233	48	C	75	34	50	51	83	67%	68%	110%
20	111234	57	C	100	39	58	59	96	58%	59%	96%
21	115146	15	C	25	11	18	19	30	73%	75%	121%
22	115147	11	C	25	11	17	14	23	66%	57%	92%

Fuente: Autor

De acuerdo a los resultados obtenidos:

- Con ducha eléctrica: ningún transformador se encuentra sobrecargado.
- Con calefón eléctrico: 7 transformadores superan el 100% de factor de utilización, tres de ellos, tienen una sobrecarga que no afecta a su vida útil y los 4 restantes sí podrían tener problemas en la duración de su vida útil estimada.
- Con termostato con Timer ningún transformador supera el 100% de factor de utilización.

3.1.2.3 Red de Bajo Voltaje con calentamiento eléctrico

Para definir el impacto que tendrían instalar calentamiento eléctrico en las redes de BV se consideran dos aspectos:

- La demanda usada para el cálculo de la caída de voltaje considera un incremento por la implementación de la ducha eléctrica de 4 kW.
- El impacto en la demanda de los sistemas de calentamiento eléctrico de 5850 W y 7000 W se refleja en la demanda inicial del usuario tipo C.

Se realizó el cálculo de caída de voltaje de los circuitos existentes de Bajo Voltaje en el proyecto que alimentan a cargas de casas o departamentos con el impacto del calentamiento eléctrico del cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 15 Resultados Cálculo Caída de Voltaje

ITEM	# TRANSF.	# DE CLIENTES	TIPO DE CLIENTES	POTENCIA TRAF0 [kVA]	MAXIMA CAIDA DE VOLTAJE DUCHA[%]	MAXIMA CAIDA DE VOLTAJE TERMOSTATO CON TIMER [%]	MAXIMA CAIDA DE VOLTAJE CALEFÓN[%]	CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA PERMITIDA [%]
1	32287	35	C	75	0,00%	0,00%	0,00%	3,5%
2	32289	27	C	75	0,00%	0,00%	0,00%	3,5%
3	32291	34	C	45	3,48%	3,99%	4,96%	3,5%
4	32292	44	C	75	2,76%	2,94%	4,24%	3,5%
5	32293	20	C	60	3,23%	3,35%	5,03%	3,5%

6	32295	15	C	50	1,11%	1,24%	1,60%	3,5%
7	32296	23	C	60	3,36%	3,66%	4,99%	3,5%
8	32297	32	C	90	3,50%	3,44%	5,82%	3,5%
9	32298	38	C	75	0,00%	0,00%	0,00%	3,5%
10	32299	20	C	60	0,71%	0,73%	1,11%	3,5%
11	32300	22	C	75	1,27%	1,19%	2,18%	3,5%
12	32302	60	C	75	3,41%	3,29%	5,79%	3,5%
13	32304	37	C	60	3,34%	3,28%	5,55%	3,5%
14	32305	21	C	45	0,75%	0,81%	1,13%	3,5%
15	32307	29	C	60	2,79%	3,04%	4,17%	3,5%
16	46758- 32288	78	C	100	0,00%	0,00%	0,00%	3,5%
17	103250	21	C	50	0,00%	0,00%	0,00%	3,5%
18	105767	36	C	75	0,98%	0,80%	1,96%	3,5%
19	111233	48	C	75	0,00%	0,00%	0,00%	3,5%
20	111234	57	C	100	0,41%	0,41%	0,67%	3,5%
21	115146	15	C	25	1,59%	1,54%	2,64%	3,5%
22	115147	11	C	25	0,00%	0,00%	0,00%	3,5%

Fuente: Autor

NOTA: Las caídas de voltaje de 0% es debido a que las acometidas domiciliarias están directamente instaladas desde el transformador de distribución

- Con ducha eléctrica: las redes de bajo voltaje no se sobrecargan.
- Con calefón eléctrico: 8 redes de bajo voltaje excederían el límite de caída de voltaje permitido, por lo que podría existir peligro de que la red colapse.
- Con termostato con Timer: solo una red de bajo voltaje resultaría sobrecargada con un porcentaje mínimo que no afectaría su condición técnica.

3.1.2.4 Acometidas y Medidores con calentamiento eléctrico

Por ser todos los medidores bifásicos y trifásicos, no se requiere el cambio. A continuación se presenta el cuadro donde se muestran cálculos de parámetros técnicos al implementar calentamiento eléctrico en acometidas domiciliarias.

Tabla 16 Tipos de Acometidas

ACOMETIDA		DEMANDA [kVA]							CAIDA DE VOLTAJE				
# DE ACOMETIDAS	CALIBRE	AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN [kVA]	# DE USUARIOS/ ACOMETIDA	TIPO DE USUARIO	DEMANDA INCLUYENDO DUCHA [kVA]	DEMANDA INCLUYENDO CALEFON [kVA]	DEMANDA INCLUYENDO TERMOSTATO [kVA]	DISTANCIA [m]	CAIDA DE VOLTAJE ESCENARIO 1 [%]	CAIDA DE VOLTAJE ESCENARIO 2 [%]	CAIDA DE VOLTAJE ESCENARIO 3 [%]	CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA PERMITIDA [%]
262	3X8	TW	8,80	1	C	7,60	10,29	9,16	17,13	1,34%	N/A	N/A	2 %
15	3X2+4	TTU	43,77	12	C	24,18	26,87	25,74	30,45	1,67%	1,86%	1,78%	2%
16	3X2+4	TTU	43,77	13	C	25,91	28,61	27,47	30,45	1,79%	1,98%	1,90%	2%
2	3X2+4	TTU	43,77	14	C	27,06	29,75	28,61	30,45	1,87%	2,06%	1,98%	2%
65	3X6+8	TTU	32,35	1	C	7,60	10,29	9,16	20	1,01%	1,37%	1,22%	2%

Fuente: Autor

Debido a que la demanda de diseño de 262 acometidas 3x8 que es mayor a la capacidad de conducción en el escenario 2 y 3 podría existir problemas de deterioro de aislamiento con la probabilidad de interrupciones de servicio. No existe problemas en la caída de voltaje porque la caída de voltaje es menor a la caída de voltaje máxima permitida.

3.1.3 Consideraciones técnicas a implementar en la red de distribución

3.1.3.1 ESCENARIO 1 DUCHA ELÉCTRICA (4000 W):

No se requiere cambio de potencia de transformadores, ni reforzamiento de conductores de bajo voltaje y acometidas. Los medidores son bifásicos y tienen circuitos alimentadores bifásicos, por lo que no requieren ningún tipo de reforzamiento.

3.1.3.2 ESCENARIO 2 CALEFÓN ELÉCTRICO (7200 W):

No se requiere cambio de potencia de transformadores, ni reforzamiento de conductores de bajo voltaje. Al igual que el primer escenario los medidores son aptos para soportar la demanda. Se realizaría el cambio de 262 acometidas aéreas de calibre 3x8 a calibre 3x6 y 743 circuitos alimentadores de calibre N°8AWG a calibre N°6AWG.

Tabla 17 Acometidas a reforzar

ACOMETIDA				DEMANDA [kVA]				
# DE ACOMETIDAS	CALIBRE	AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN [kVA]	# DE USUARIOS POR ACOMETIDA	TIPO DE USUARIO	DEMANDA DUCHA ELÉCTRICA 4000W [kVA]	DEMANDA CALEFÓN ELÉCTRICO 7200W [kVA]	DEMANDA TERMOSTATO CON TIMER 5850W [kVA]
262	3X6	THHN	13,20	1	C	7,60	10,29	9,16

Fuente: Autor

Tabla 18 Circuitos alimentadores a reforzar

CIRCUITO ALIMENTADOR				DEMANDAS [kVA]				
# DE CIRCUITOS ALIMENTADORES	CALIBRE	AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN [kVA]	# DE USUARIOS/CIRCUIT	TIPO DE USUARIO	DEMANDA DUCHA ELÉCTRICA 4000W [kVA]	DEMANDA CALEFÓN ELÉCTRICO 7200W [kVA]	DEMANDA TERMOSTATO CON TIMER 5850W [kVA]
403	3X6	TW	16,50	1	C	7,60	10,29	9,16
340	3X6	TW	16,50	1	C	7,60	10,29	9,16

Fuente: Autor

3.1.3.3 ESCENARIO 3 TERMOSTATO CON TIMER (5850 W):

No se requiere cambio de potencia de transformadores, ni reforzamiento de conductores de bajo voltaje. Al igual que el primer escenario los medidores son aptos para soportar la demanda. Se realizaría el cambio de 262 acometidas aéreas de calibre 3x8 a calibre 3x6 y 743 circuitos alimentadores de calibre N°8AWG a calibre N°6AWG, así como la instalación de 743 circuitos expresos desde la caja térmica del cliente ubicada en la cocina de la vivienda hasta el sitio donde se instalará el equipo conductor de Aluminio 2x6+10.

Tabla 19 Acometidas a reforzar

ACOMETIDA					DEMANDA [kVA]			
# DE ACOMETIDAS	CALIBRE	AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN [kVA]	# DE USUARIOS POR ACOMETIDA	TIPO DE USUARIO	DEMANDA DUCHA ELÉCTRICA 4000W [kVA]	DEMANDA CALEFÓN ELÉCTRICO 7200W [kVA]	DEMANDA TERMOSTATO CON TIMER 5850W [kVA]
262	3X6	THHN	13,20	1	C	7,60	10,29	9,16

Fuente: Autor

Tabla 20 Circuitos alimentadores a reforzar

CIRCUITO ALIMENTADOR					DEMANDAS [kVA]			
# DE CIRCUITOS ALIMENTADORES	CALIBRE	AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN [kVA]	# DE USUARIOS/CIRCUIT O	TIPO DE USUARIO	DEMANDA DUCHA ELÉCTRICA 4000W [kVA]	DEMANDA CALEFÓN ELÉCTRICO 7200W [kVA]	DEMANDA TERMOSTATO CON TIMER 5850W [kVA]
403	3X6	TW	16,50	1	C	7,60	10,29	9,16
340	3X6	TW	16,50	1	C	7,60	10,29	9,16

Fuente: Autor

3.2 Conclusiones parciales del capítulo 3

- De la instalación de los analizadores de redes instalados en los tres tipos de tecnología de calentamiento eléctrico y de la obtención de sus curvas de carga se puede apreciar que el termostato instalado sin un sistema de control adecuado implica un alto consumo de energía eléctrica innecesario, por lo tanto se desprende que en este estudio se lo realiza con un timer.
- Del análisis de los tres tipos de tecnología a nivel del usuario se ha podido determinar que económicamente la tecnología viable es el Termostato con Timer.
- A nivel de Empresa de igual manera la tecnología de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico que implica menor impacto en las redes y mayor funcionalidad por sus características técnicas es el Termostato con Timer.

CAPITULO 4

4 PROPUESTA

En base a lo determinado en los capítulos anteriores tanto técnica como económicamente desde el punto de vista del cliente y de la Empresa Distribuidora se puede proponer que para fortalecer el Programa PEC en la parte de calentamiento eléctrico se debería considerar lo siguiente:

4.1 Título de la propuesta

Programa de Calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito

4.2 Justificación

El diseño de un programa de calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito permitirá reducir su impacto en el consumo de energía eléctrica y evitar problemas en las redes eléctricas de la Empresa Eléctrica Quito.

Este estudio es factible, pues se dispone del conocimiento de la tecnología y la información necesaria para su desarrollo. El análisis se hará en instalaciones en donde ya se encuentren instalados calentadores eléctricos y existan los equipos de medición de la Empresa Distribuidora.

La importancia del estudio reside en atenuar la influencia negativa de calentadores eléctricos de agua en las redes de la Empresa Eléctrica, que previamente se encuentran estresadas por el impacto de la incorporación de cocinas de inducción. Además, proveerá orientación a los clientes o usuarios sobre la tecnología más apropiada a implementar en cada uno de sus hogares, que les permita una satisfacción tanto tecnológica como económica, lo cual da más valor a este estudio.

4.3 Objetivos

El objetivo que persigue la siguiente propuesta es elaborar el Programa de Calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito.

4.4 Estructura de la propuesta

- Definición del equipo de calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico técnica y económicamente viable.
- Incidencia de la implementación de calentamiento eléctrico en las Redes de la EEQ.
- Inserción del calentamiento eléctrico de agua, direccionada al equipo técnico viable, en los clientes de la EEQ.

4.5 Desarrollo de la propuesta

4.5.1 Equipo de calentamiento eléctrico de agua técnica y económicamente viable

- El equipo viable a ser utilizado masivamente en la implementación de calentamiento eléctrico es el TERMOSTATO CON TIMER, por lo que se realiza el análisis económico.

4.5.1.1 Por acumulación o Termostato

En un depósito que calienta el agua mediante una caldera exterior, para tener, en cualquier momento, suficiente cantidad para los usos previstos en la instalación. Este sistema, que se llama centralizado, además puede preparar el agua para un solo usuario (una sola vivienda o local) o para muchos usuarios (sistema colectivo). Si el depósito de acumulación y las conducciones son de tamaño suficiente, pueden utilizar el servicio muchos puntos a la vez.

Puede acumularse el agua a diversas temperaturas. Cuanto mayor sea, mayor cantidad de calor se guarda en el acumulador. Normalmente se acumula a una temperatura de 60 °C (que de vez en cuando conviene subir hasta 70 °C para prevenir la legionelosis). Como lo más corriente es usar el agua caliente mezclada con fría, se puede conseguir la temperatura deseada manipulando los mandos de la grifería, pero algunos usos requieren temperaturas superiores (lavadoras, lavavajillas) y se usa directamente. Cuando la distribución es con tuberías de acero galvanizado, no debe superarse la de 58 °C, puesto que a mayores temperaturas ataca la protección galvánica, destruyéndola, y empieza a corroerse el acero sin protección. También, las aguas duras depositan las sales disueltas en forma de carbonatos insolubles cuando la temperatura supera los 60 °C, y se depositan precisamente en los elementos de calentamiento (intercambiadores, resistencias eléctricas), que están a mayor temperatura que el agua; el problema es que estas sales depositadas son un eficaz aislante térmico, con lo que reducen el rendimiento de estos dispositivos.



Figura 20 Termostato

Fuente: Autor

4.5.1.2 Análisis económico de la implementación de calentamiento eléctrico de agua con termostatos automatizados.

Tabla 21 Consumo de energía por equipo de Calentamiento eléctrico

EQUIPO	POTENCIA kVA	TIEMPO MIN	ENERGIA DIARIA kWh	ENERGIA MENSUAL kWh
TERMOSTATO CON TIMER	3025	125	6,30	132,34

Fuente: Autor

Tabla 22 Datos para evaluación económica Termostato

EQUIPO	COSTO EQUIPO	PUNTOS DE CALENTAMIENTO	COSTO MANTENIMIENTO	TOTAL COSTO POR PUNTO DE CALENTAMIENTO	USD CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR PUNTO DE CALENTAMIENTO	USD CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA TOTAL	AÑOS DE VIDA ÚTIL	TOTAL
TERMOSTATO CON TIMER	400	3	40	440	25,69	25,69	5	465,69

Fuente: Autor

Tabla 23 Evaluación económica implementación termostato con timer

PROGRAMA		Calentamiento eléctrico de agua con termostato con timer				
ESCENARIO 3						
INCREMENTO DE COSTOS OPERATIVOS DEL 10%						
DATOS						
Calentamiento eléctrico de agua con termostato con timer	400,00	USD				
COSTO TOTAL PROYECTO	400,00	USD				
HORIZONTE DE EVALUACIÓN	5,00	AÑOS				
TASA DE DESCUENTO	12,00%	ANUAL				
ESTADO DE PÉRDIDAS Y GANANCIAS	2014	2015	2016	2017	2018	2033
INVERSIÓN INICIAL	-400,00					
INGRESOS						
VALOR RESIDUAL	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ingresos por Recuperación de Energía	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ingresos por Incorporación de Energía	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Beneficios Económicos	0,00	330,48	330,48	330,48	330,48	330,48
TOTAL INGRESOS	0,00	330,48	330,48	330,48	330,48	330,48
COSTOS						
Otros Costos	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mantenimiento mayor	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Operación y Mantenimiento	0,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
TOTAL COSTOS	0,00	40,00	40,00	40,00	40,00	40,00
FLUJO EFECTIVO	-400,00	290,48	290,48	290,48	290,48	290,48
VAN DE INGRESOS+BENEFICIOS	0,00	295,07	263,46	235,23	210,03	187,52
VAN DE COSTOS	400,00	35,71	31,89	28,47	25,42	22,70
VAN PROYECTO	-400,00	259,36	231,57	206,76	184,61	164,83

VALOR NETO ACTUAL	USD	647,12
RELACIÓN BENEFICIO COSTO		2,19
TIR		67,04%

Fuente: Autor

- Del análisis económico se puede apreciar que la implementación de este equipo de calentamiento eléctrico es rentable para el cliente pues con una inversión inicial de USD 400 y gastos operativos de 40 anuales tenemos una recuperación con un valor neto actual de USD 647,12, con una relación B/C de 2,19 y una tasa de retorno interna de 67,04 % que lo hacen viable.

4.5.2 Incidencia de la implementación de calentamiento eléctrico en las Redes de la EEQ.

- Previo a la incorporación masiva de calentamiento eléctrico de agua se debe iniciar una etapa de reforzamiento, especialmente en la parte de alimentadores y acometidas, lo que permitirá llegar al usuario con energía de calidad y dará confiabilidad en el Sistema de Distribución.
- Analizando el impacto de la inserción de calentamiento eléctrico de agua con termostato automatizado en las redes de la EEQ en todas sus etapas funcionales se ha obtenido la siguiente información:

Red de Medio Voltaje con calentamiento eléctrico

Tabla 24 Caída de voltaje red de medio voltaje

PRIMARIO	TRANSFORMADOR MAS DISTANTE	NOMBRE DEL TRAMO	POTENCIA ACTIVA [kW]	POTENCIA REACTIVA [kVAR]	CAIDA DE VOLTAJE
57D	32307	121410MA	30,3	9,6	1,24%

Fuente: Autor

Transformadores de Distribución con calentamiento eléctrico:

Tabla 25 Demanda en Transformadores con influencia del Termostato

ITEM	# TRANSF.	# DE CLIENTES	TIPO DE CLIENTES	POTENCIA TRAF0 [kVA]	DEMANDA DE DISEÑO ACTUAL	DEMANDA DE DISEÑO CON DUCHA ELECTRICA [kVA]	DEMANDA DE DISEÑO TERMOSTATO TEMPORIZADO [kVA]	DEMANDA DE DISEÑO CON CALEFON [kVA]	FACTOR DE UTILIZACIÓN TERMOSTATO CON TEMPORIZADOR [%]
1	32287	35	C	75	22	35	38	63	51%
2	32289	27	C	75	20	30	31	50	41%
3	32291	34	C	45	31	43	37	61	83%
4	32292	44	C	75	35	50	47	77	62%
5	32293	20	C	60	17	25	24	39	40%
6	32295	15	C	50	14	21	19	30	37%
7	32296	23	C	60	20	29	27	44	45%
8	32297	32	C	90	23	35	36	58	40%
9	32298	38	C	75	27	41	41	67	55%
10	32299	20	C	60	17	25	24	39	40%
11	32300	22	C	75	16	25	26	42	35%
12	32302	60	C	75	39	59	61	101	82%
13	32304	37	C	60	26	40	40	66	67%
14	32305	21	C	45	18	27	25	41	56%
15	32307	29	C	60	25	36	33	53	54%
16	46758-32288	78	C	100	43	69	77	127	77%
17	103250	21	C	50	4	14	25	41	50%
18	105767	36	C	75	19	32	39	64	52%
19	111233	48	C	75	34	50	51	83	68%
20	111234	57	C	100	39	58	59	96	59%
21	115146	15	C	25	11	18	19	30	75%
22	115147	11	C	25	11	17	14	23	57%

Fuente: Autor

Red de Bajo Voltaje con calentamiento eléctrico:

Tabla 26 Resultados Cálculo Caída de Voltaje con influencia del Termostato

ITEM	# TRANSF.	# DE CLIENTES	TIPO DE CLIENTES	POTENCIA TRAF0 [kVA]	MAXIMA CAIDA DE VOLTAJE TERMOSTATO CON TIMER [%]	CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA PERMITIDA [%]
1	32287	35	C	75	0,00%	3,5%
2	32289	27	C	75	0,00%	3,5%
3	32291	34	C	45	3,99%	3,5%
4	32292	44	C	75	2,94%	3,5%
5	32293	20	C	60	3,35%	3,5%
6	32295	15	C	50	1,24%	3,5%
7	32296	23	C	60	3,66%	3,5%
8	32297	32	C	90	3,44%	3,5%
9	32298	38	C	75	0,00%	3,5%
10	32299	20	C	60	0,73%	3,5%
11	32300	22	C	75	1,19%	3,5%
12	32302	60	C	75	3,29%	3,5%
13	32304	37	C	60	3,28%	3,5%
14	32305	21	C	45	0,81%	3,5%
15	32307	29	C	60	3,04%	3,5%
16	46758- 32288	78	C	100	0,00%	3,5%
17	103250	21	C	50	0,00%	3,5%
18	105767	36	C	75	0,80%	3,5%
19	111233	48	C	75	0,00%	3,5%
20	111234	57	C	100	0,41%	3,5%
21	115146	15	C	25	1,54%	3,5%
22	115147	11	C	25	0,00%	3,5%

Fuente: Autor

NOTA: Las caídas de voltaje de 0% es debido a que las acometidas domiciliarias están directamente instaladas desde el transformador de distribución

Acometidas y Medidores con calentamiento eléctrico:

Tabla 27 Tipos de Acometidas con influencia de Termostato

ACOMETIDA					DEMANDA [kVA]	CAIDA DE VOLTAJE			
# DE ACOMETIDAS	CALIBRE	AISLAMIENTO	CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN [kVA]	# DE USUARIOS/ ACOMETIDA	TIPO DE USUARIO	DEMANDA INCLUYENDO TERMOSTATO [kVA]	DISTANCIA [m]	CAIDA DE VOLTAJE ESCENARIO 3 [%]	CAIDA DE VOLTAJE MAXIMA PERMITIDA [%]
262	3X8	TW	8,80	1	C	9,16	17,13	N/A	2 %
15	3X2+4	TTU	43,77	12	C	25,74	30,45	1,78%	2%
16	3X2+4	TTU	43,77	13	C	27,47	30,45	1,90%	2%
2	3X2+4	TTU	43,77	14	C	28,61	30,45	1,98%	2%
65	3X6+8	TTU	32,35	1	C	9,16	20	1,22%	2%

Fuente: Autor

No se requiere reforzamiento de conductores de medio voltaje, cambio de potencia de transformadores, ni reforzamiento de conductores de bajo voltaje. Los medidores son aptos para soportar la demanda de cocinas de inducción. Se deberá realizar el cambio de 262 acometidas aéreas de calibre 3x8 a calibre 3x6 y 743 circuitos alimentadores de calibre N°8AWG a calibre N°6AWG, así como la instalación de 743 circuitos expresos desde la caja térmica del cliente ubicada en la cocina de la vivienda hasta el sitio donde se instalará el equipo conductor de Aluminio 2x6+10.

Extrapolando esta información obtenida del primario tipo al universo de instalaciones de la Empresa Eléctrica Quito tendremos el porcentaje por etapa funcional a reforzar:

Tabla 28 Porcentajes a reforzar por etapa funcional

ETAPA FUNCIONAL	PORCENTAJE A REFORZAR
RED DE MEDIO VOLTAJE	0
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION	0
RED DE BAJO VOLTAJE	4,55 %
ACOMETIDAS	72,78 %
CIRCUITOS ALIMENTADORES EN EDIFICIO	100,00 %
CIRCUITOS ALIMENTADORES EN CASA	100,00 %

Fuente: Autor

4.5.2.1 Evaluación de costos de la incidencia de implementación de calentamiento eléctrico de agua con termostatos automatizados.

Para la evaluación de costos de la implementación de calentamiento eléctrico de agua con termostatos automatizados se han tomado las siguientes consideraciones:

ACOMETIDAS: Para el cálculo de materiales se ha establecido como fuente los costos promedio que constan en la base de datos del sistema de bodegas y fueron aprobados para el año 2015, para lo cual se ha establecido un kit de materiales tipo que permita soportar la carga instalada, por ésta razón se ha proyectado la instalación de 262 acometidas con cable multiconductor antihurto de aleación AL AA-8000, aislamiento XLPE, chaqueta PVC, 600 V. No. 3x6 AWG, 7 hilos.

CIRCUITOS ALIMENTADORES: Para el cálculo de materiales se ha establecido como fuente los costos promedio que constan en la base de datos del sistema de bodegas y fueron aprobados para el año 2015, para lo cual se ha

establecido un kit de materiales tipo que permita soportar la carga instalada, por ésta razón se ha proyectado la instalación de 743 circuitos alimentadores con conductor unipolar de cobre, aislamiento THHN, 600 V. No. 6 AWG, 7 hilos.

CIRCUITOS EXPRESOS: La instalación de circuitos expresos para cocinas de inducción han sido homologados por el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable con conductor 2x6+10 de aluminio con aislamiento XLPE, chaqueta de PVC, 600 V, 7 hilos.

Tabla 29 Costos de reforzamiento por primario/etapa funcional

REFORZAMIENTO POR PRIMARIO							
ETAPA FUNCIONAL	MATERIALES	MANO DE OBRA	COSTOS ADMINISTRATIVOS	FISCALIZACIÓN	IVA	TOTAL CON IVA	CANTIDAD
RED DE MEDIO VOLTAJE	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	0
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	0
RED DE BAJO VOLTAJE	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	\$ 0,00	0
ACOMETIDAS PROTECCIONES MEDIDORES EN TABLERO ARMARIO	\$ 13.375,70	\$ 5.163,19	\$ 1.297,72	\$ 926,94	\$ 2.335,90	\$ 23.099,46	262
PROTECCIONES MEDIDORES EN TABLERO ARMARIO	\$ 5.167,30	\$ 8.270,05	\$ 940,61	\$ 671,87	\$ 1.693,11	\$ 16.742,95	416
PROTECCIONES MEDIDORES CIRCUITOS ALIMENTADORES EN EDIFICIO	\$ 1.815,39	\$ 2.881,17	\$ 328,76	\$ 234,83	\$ 591,77	\$ 5.851,91	327
CIRCUITOS ALIMENTADORES EN EDIFICIO	\$ 22.838,40	\$ 16.640,00	\$ 2.763,49	\$ 1.973,92	\$ 4.974,28	\$ 49.190,09	416
CIRCUITOS ALIMENTADORES EN CASA	\$ 11.968,20	\$ 9.810,00	\$ 1.524,47	\$ 1.088,91	\$ 2.744,05	\$ 27.135,64	327
CIRCUITOS EXPRESOS	\$ 13.864,05	\$ 25.113,40	\$ 2.728,42	\$ 1.948,87	\$ 4.911,16	\$ 48.565,91	743
TOTAL	\$ 69.029,05	\$ 67.877,82	\$ 9.583,48	\$ 6.845,34	\$ 17.250,27	\$ 170.585,96	

Fuente: Autor

- El análisis de costos realizado es para determinar la magnitud de la inversión que deberá realizar la Empresa Distribuidora para lograr satisfacer los requerimientos de sus clientes ante el cambio de tecnología en calentamiento de agua y ante la inminente innovación de la matriz energética, lo que le permitirá satisfacer con calidad y confiabilidad todos los requerimientos posteriores.

4.5.3 Inserción del calentamiento eléctrico de agua, direccionada al equipo técnico viable, en los clientes de la EEQ.

- Para realizar la adecuada inserción del calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico en los clientes de la Empresa Eléctrica Quito se deben primero realizar campañas masivas de difusión que persuadan al cliente de las ventajas de usar calentamiento eléctrico de agua y del equipo idóneo a ser utilizado mismo que le dará mayor confortabilidad y ahorro económico.
- Dado que los lineamientos de la política gubernamental para eliminar el subsidio al gas doméstico, a través de la sustitución de las cocinas de gas licuado de petróleo (GLP) con cocinas de inducción, no establecen una orientación con respecto al servicio de calentamiento de agua para uso doméstico, es preciso que internamente en la EEQ se adopten políticas de orientación a los clientes, buscando la conveniencia del sistema eléctrico de la Empresa.

CONCLUSIONES GENERALES

- En base al estudio realizado se ha podido proponer un Programa de Calentamiento eléctrico eficiente de agua de uso doméstico para la ciudad de Quito, determinando de entre 3 tecnologías de calentamiento eléctrico de agua, cual sería la tecnología más óptima para su implementación dentro del área de servicio de la Empresa Eléctrica Quito. Obteniéndose de este estudio que el sistema de calentamiento óptimo tanto desde el punto de vista del cliente en el que arrojó la evaluación económica una relación beneficio costo de 2,19 y una TIR de 67,04 %; como para la Empresa Distribuidora que del análisis técnico se determinó el menor impacto en las redes eléctricas y por ende menor inversión en repotenciación de estas, la tecnología a adoptarse e impulsar masivamente sería TERMOSTATOS AUTOMATIZADOS (TIMER)
- Del análisis técnico realizado al primario tipo seleccionado de la distribuidora se puede concluir que debido a los reforzamientos ya realizados con motivo de la implementación de cocinas de inducción las redes de medio voltaje, transformadores de voltaje, redes de bajo voltaje y medidores se encuentran con capacidad adecuada para solventar el impacto de la conversión de tecnología en calentamiento eléctrico de agua de uso doméstico, pues el porcentaje a reforzar de estas etapas funcionales a nivel de la Distribuidora tiene un promedio del 1,5 % lo que implicaría una inversión mínima.
- La etapa más crítica para la implementación de calentadores eléctricos de agua se denotó en las acometidas y circuitos internos, en los que por las instalaciones existentes se requiere de un reforzamiento promedio del 90,93% de la infraestructura eléctrica.

RECOMENDACIONES

- Para obtener mayor eficiencia la respuesta adecuada en la propuesta de este programa se deben adoptar políticas internas en la Empresa Eléctrica Quito que permitan concientizar al cliente sobre la tecnología idónea a utilizar y sobre sus beneficios tanto en el aspecto económico como técnico, dichas políticas serán tendientes a evitar el uso indiscriminado de tecnología que impacte seriamente en el sistema eléctrico de la Distribuidora.
- Se debe promover ante las autoridades se impulse o se analicen los incentivos dados al uso de calentamiento eléctrico de agua y el tipo de tecnología para que se delimite de mejor manera el equipo a ser utilizado que permita a las Empresas Distribuidoras afrontar con solvencia técnica esta inserción de nueva tecnología.
- Al difundir el Programa de calentamiento eléctrico deben insertarse las recomendaciones al cliente sobre la calidad del tanque a adquirir y su aislamiento. Existen en el mercado tanques con recubrimiento interior que garantiza su durabilidad. Además, el aislamiento empleado debe ser suficiente a fin de garantizar menos conexiones del termostato durante los períodos que se mantiene conectado. Por otro lado, el cliente deberá tomar precauciones sobre la capacidad del timer. Están disponibles en el mercado timers de servicio liviano que se aplican sin problemas para encender y apagar lámparas y que, por la corriente que manejan, aparentemente se podrían aplicar para controlar los termostatos; sin embargo, las repetidas operaciones con la corriente nominal de un calentador de agua los deterioran rápidamente, hasta constituirlos en un peligro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO. (1996). *LEY DE RÉGIMEN DEL SECTOR ELÉCTRICO*. QUITO, ECUADOR.
- Cevallos, F. (2010). DETERMINACIÓN DE LOS USOS FINALES DE LA ENERGÍA EN EL SECTOR RESIDENCIAL. QUITO, PRICHINCHA.
- CONELC. (2013). PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013-2022. QUITO.
- Fernández, J. C. (2003). *EXPERIENCIAS INTERNACIONALES EN MERCADOS ELÉCTRICOS LIBERALIZADOS, ANALES DE MECÁNICO Y ELECTRICIDAD*.
- Forget, A. (2011). *Manual de diseño y de difusión de biodigestores familiares, con enfoque en biodigestores tubulares*. Lima Peru.
- Fuentes, J. R. (2010). ESTUDIO COMPARATIVO TÉCNICO-ECONÓMICO DE SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE FLUIDOS BASADOS EN RESISTENCIAS ELÉCTRICAS, INDUCCIÓN MAGNÉTICA Y CALDERAS DIÉSEL. SANTIAGO DE CHILE.
- Gönen, T. (1986). *ELECTRIC POWER DISTRIBUTION SYSTEM ENGINEERING*. New York: McGraw-Hill.
- INEC. (2010). Censo de Población y Vivienda de 2010. ECUADOR.
- INEN. (2010). EFICIENCIA ENERGÉTICA EN COCINAS DE INDUCCIÓN DE USO DOMÉSTICO. REQUISITOS. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA*. Quito.
- Leila, I. (Agosto de 2016). Eficiencia en el calentamiento de agua. Argentina.
- Masson, J. F. (2010). ESTUDIO TÉCNICO-COMPARATIVO PARA LA INTRODUCCIÓN DE COCINAS ELÉCTRICAS DE INDUCCIÓN MAGNÉTICA EN EL ECUADOR. Quito.
- MEER. (2015). *PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2013-2022*. QUITO.
- PROFECO. (NOVIEMBRE de 2011). ESTUDIOS DE CALIDAD DE CALENTADORES DE AGUA.
- Ramos, E. N. (2003). DIAGNÓSTICO DEL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO. QUITO.

5 ANEXOS

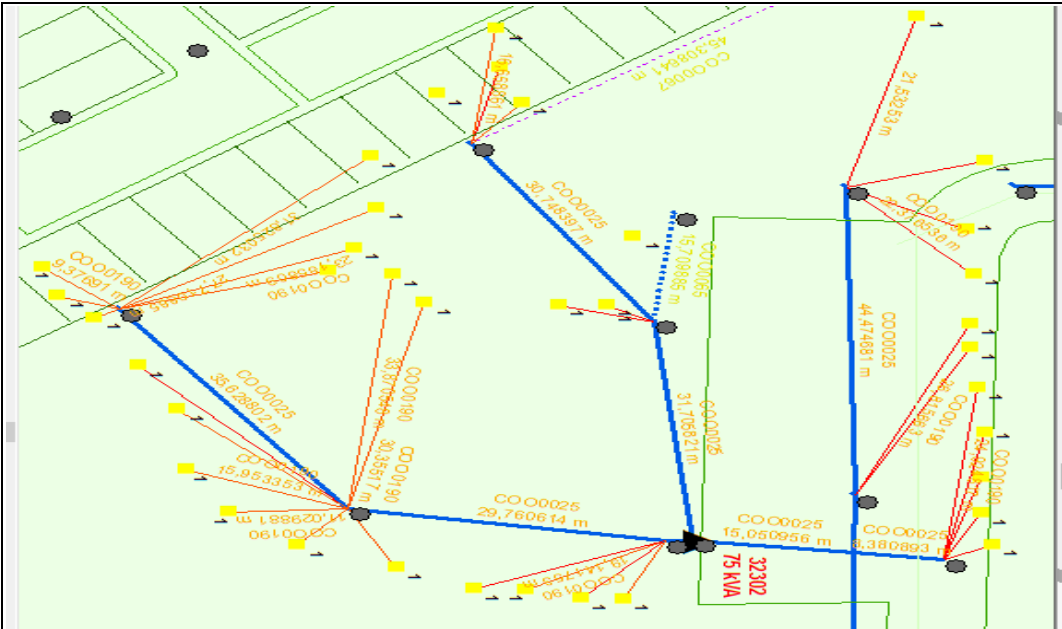
5.1 Cálculos de caídas de voltaje sin influencia de calentamiento eléctrico

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.									
DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCION									
COMPUTO DE CAIDA DE TENSION EN CIRCUITOS SECUNDARIOS									
PROYECTO:		DOS HEMISFERIOS			CENTRO DE TRANSFORMACION:		CT-75KVA 32300		
No. PROY.:					TIPO USUARIO:		C		
TIPO INSTALACION:		AÉREA			DMUp(KVA):		3,72		
TENSION:		210/121 V.			CIRCUITO No:				
LIMITE CAIDA TENSION:		5,0%			MATERIAL CONDUCTOR:		AAAC6201.1/0		
ESQUEMA:									
ESQUEMA		DEMAND A		CONDUCTOR			COMPUTO		
TRAMO DESI G	LON G	NUME USUAR	KVA_d	CALIBR E	KVA (LT)	KVA_M	KVA_M TRAMO	DV (%) PARCIA L	DV (%) TOTA L
0_1	32,28	8	11,16	1/0		655	360,18	0,55	0,55
1_2	8,32	4	6,95	1/0		655	57,80	0,09	0,64
2_3	19,21	1	2,63	1/0		655	50,55	0,08	0,72
3_4	27,30	1	2,63	1/0		655	71,84	0,11	0,82

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.
DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCION
COMPUTO DE CAIDA DE TENSION EN CIRCUITOS SECUNDARIOS

PROYECTO: **DOS HEMISFERIOS** **CENTRO DE TRANSFORMACION:** **CT-75KVA 32302**
No. PROY.: **TIPO USUARIO:** **C**
TIPO INSTALACION: **AÉREA** **DMUp(KVA):** **3,72**
TENSION: **210/121 V.** **No. FASES:** **3** **CIRCUITO No:**
LIMITE CAIDA TENSION: **5,0%** **MATERIAL CONDUCTOR:** **AAAC6201.2**

ESQUEMA:



ESQUEMA		DEMAND A		CONDUCTOR		COMPUTO			
TRAMO DESI G	TRAMO LON G	NUME USUAR	KVA_d	CALIBR E	KVA (LT)	KVA_M	KVA_M TRAMO	DV (%) PARCIA L	DV (%) TOTA L
0_1	23,40	5	7,79	2		429	182,27	0,42	0,42
0_2	31,70	7	10,00	2		429	317,00	0,74	0,74
2_3	30,74	4	6,95	2		429	213,56	0,50	1,24
0_4	29,76	15	18,74	2		429	557,61	1,30	1,30
4_5	35,62	7	10,00	2		429	356,20	0,83	2,13

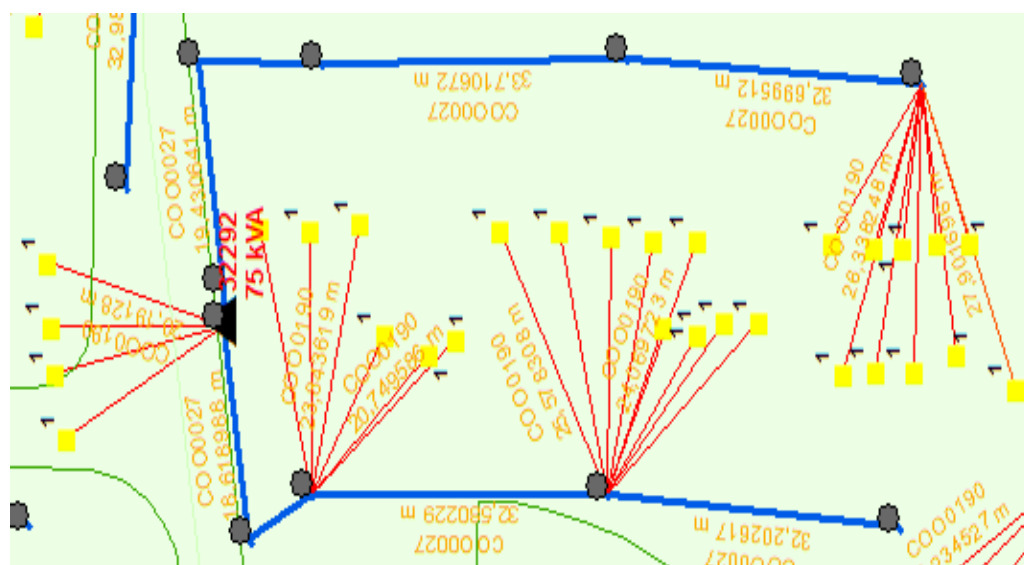
5.2 Cálculos de caídas de voltaje con influencia de ducha eléctrica

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.									
DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCION									
COMPUTO DE CAIDA DE TENSION EN CIRCUITOS SECUNDARIOS									
PROYECTO:		DOS HEMISFERIOS			CENTRO DE TRANSFORMACION: CT-75KVA 32300				
No. PROY.:					TIPO USUARIO: C				
TIPO INSTALACION:		AÉREA			DMUp(KVA): 3,72				
TENSION:		210/121	No.	FASES:	CIRCUITO No:				
		V.		3	MATERIAL				
LIMITE CAIDA TENSION:		5,0%			CONDUCTOR: AAAC6201.1/0				
ESQUEMA:									
ESQUEMA		DEMAND A			CONDUCTOR		COMPUTO		
TRAMO	NUME	KVA_d	CALIBR E	KVA (LT)	KVA_M	KVA_M TRAMO	DV (%)		
DESI G	USUAR						PARCIA L	TOTA L	
0_1	32,28	8	17,76	1/0	655	573,15	0,88	0,88	
1_2	8,32	4	10,40	1/0	655	86,55	0,13	1,01	
2_3	19,21	1	3,72	1/0	655	71,37	0,11	1,12	
3_4	27,30	1	3,72	1/0	655	101,43	0,15	1,27	

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.
DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCION
COMPUTO DE CAIDA DE TENSION EN CIRCUITOS SECUNDARIOS

PROYECTO: **DOS HEMISFERIOS** **CENTRO DE TRANSFORMACION:** CT-75KVA 32292
No. PROY.: **TIPO USUARIO:** C
TIPO INSTALACION: AÉREA **DMUp(KVA):** 3,72
TENSION: 210/121 V. **No. FASES:** 3 **CIRCUITO No:**
LIMITE CAIDA: **MATERIAL:**
TENSION: 5,0% **CONDUCTOR:** AAAC6201.2/0

ESQUEMA:



ESQUEMA		DEMANDA		CONDUCTOR		COMPUTO			
TRAMO DESI G	TRAMO LON G	NUME USUAR	KVA_d	CALIBR E	KVA (LT)	KVA_M	KVA_M TRAMO	DV (%) PARCIA L	DV (%) TOTA L
0_1	19,43	10	21,30	2/0		766	413,83	0,54	0,54
1_2	13,46	10	21,30	2/0		766	286,68	0,37	0,91
2_3	33,71	10	21,30	2/0		766	717,97	0,94	1,85
3_4	32,69	10	21,30	2/0		766	696,24	0,91	2,76
0_5	18,61	15	30,23	2/0		766	562,67	0,73	0,73
5_6	12,80	15	30,23	2/0		766	387,01	0,51	1,24
6_7	32,58	9	19,53	2/0		766	636,34	0,83	2,07

5.3 Cálculos de caídas de voltaje con influencia de calefón eléctrico

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.									
DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCION									
COMPUTO DE CAIDA DE TENSION EN CIRCUITOS SECUNDARIOS									
PROYECTO:		DOS HEMISFERIOS			CENTRO DE TRANSFORMACION: CT-75KVA 32300				
No. PROY.:					TIPO USUARIO: C				
TIPO INSTALACION:		AÉREA			DMUp(KVA): 3,72				
TENSION:		210/121 V.	No. FASES:	3	CIRCUITO No:				
LIMITE CAIDA TENSION:		5,0%			MATERIAL CONDUCTOR: AAAC6201.1/0				
ESQUEMA:									
ESQUEMA		DEMAND A			CONDUCTOR		COMPUTO		
TRAMO	NUME	KVA_d	CALIBR E	KVA (LT)	KVA_M	KVA_M TRAMO	DV (%)		
DESI G	USUAR						PARCIA L	TOTA L	
0_1	32,28	8	1/0	28,51	655	920,23	1,40	1,40	
1_2	8,32	4	1/0	15,78	655	131,28	0,20	1,61	
2_3	19,21	1	1/0	5,06	655	97,19	0,15	1,75	
3_4	27,30	1	1/0	5,06	655	138,12	0,21	1,96	

5.4 Cálculos de caídas de voltaje con influencia de termostato automatizado

EMPRESA ELECTRICA QUITO S.A.									
DIVISION INGENIERIA DE DISTRIBUCION									
COMPUTO DE CAIDA DE TENSION EN CIRCUITOS SECUNDARIOS									
PROYECTO:		DOS HEMISFERIOS			CENTRO DE TRANSFORMACION:		CT-75KVA 32300		
No. PROY.:					TIPO USUARIO:		C		
TIPO INSTALACION:		AÉREA			DMUp(KVA):		3,72		
TENSION:		210/121	No. FASES:		3		CIRCUITO No:		
		V.					MATERIAL CONDUCTOR:		AAAC6201.1/0
LIMITE CAIDA TENSION:		5,0%							
ESQUEMA:									
ESQUEMA		DEMAND A			CONDUCTOR		COMPUTO		
TRAMO	NUME	KVA_d	CALIBR E	KVA (LT)	KVA_M	KVA_M TRAMO	DV (%)		
DESI G	USUAR						PARCIA L	TOTA L	
0_1	32,28	8	24,48	1/0	655	790,07	1,21	1,21	
1_2	8,32	4	13,76	1/0	655	114,51	0,17	1,38	
2_3	19,21	1	4,56	1/0	655	87,51	0,13	1,51	
3_4	27,30	1	4,56	1/0	655	124,36	0,19	1,70	

5.5 Costos unitarios de reforzamiento por etapa funcional

ACOMETIDAS				
DESCRIPCION	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	CANTIDAD	PRECIO TOTAL
MULTICONDUCTOR ANTIHURTO DE ALEACION AL AA-8000, AISLAMIENTO XLPE, CHAQUETA PVC, 600 V, NO. 3 X 6 AWG, 7 HILOS.	m	\$1,89	20	\$37,80
CONECTOR RANURA PARALELA DE ALUMINIO, 1 PERNO, NO. 6 - 1/0 AWG	c/u	\$2,09	3	\$6,26
ALAMBRE GALVANIZADO # 16	kg	\$2,70	0,1	\$0,27
CLAVO DE ACERO DE 1 1/2" CON ARANDELA, TIPO HILTI	c/u	\$0,23	5	\$1,16
PINZA DE ANCLAJE PARA ACOMETIDA BT 16-22MM2 CON FUNDA	c/u	\$2,32	2	\$4,64
ABRAZADERA METALICA TIPO GANCHO 13MM (1/2´´)	c/u	\$0,07	5	\$0,35
AMARRA PLASTICA DE 35 CM (14´´)	c/u	\$0,12	5	\$0,58
MATERIALES				\$ 51,05
MANO DE OBRA				\$ 19,71
				\$ 70,76

TABLERO ARMARIO				
DESCRIPCION	UNIDA D	PRECIO UNITARIO	CANTIDA D	PRECIO TOTAL
DISYUNTOR TERMOMAGNÉTI CO RIEL DIN 50 A	c/u	\$2,55	2	\$5,10
CONDUCTOR THHN 6 AWG FLEXIBLE COBRE	m	\$1,83	4	\$7,32
MATERIALES				\$ 12,42
MANO DE OBRA				\$ 19,88
				\$ 32,30

CIRCUITO ALIMENTADOR 1				
DESCRIPCIO N	UNIDA D	PRECIO UNITARIO	CANTIDA D	PRECIO TOTAL
CONDUCTOR THHN 6 AWG FLEXIBLE COBRE	m	\$1,83	20	\$36,60
MATERIALES				\$ 36,60
MANO DE OBRA				\$ 30,00
				\$ 66,60

CIRCUITO ALIMENTADOR 2				
DESCRIPCIO N	UNIDA D	PRECIO UNITARIO	CANTIDA D	PRECIO TOTAL
CONDUCTOR THHN 6 AWG FLEXIBLE COBRE	m	\$1,83	30	\$54,90
MATERIALES				\$ 54,90
MANO DE OBRA				\$ 40,00
				\$ 94,90

MEDIDORES				
DESCRIPCION	UNIDA D	PRECIO UNITARIO	CANTIDA D	PRECIO TOTAL
Sellos de seguridad GRIS	c/u	\$0,11	4	\$0,45
DISYUNTOR TERMOMAGNÉTICO RIEL DIN 50 A	c/u	\$2,55	2	\$5,10
MATERIALES				\$ 5,55
MANO DE OBRA				\$ 8,81
				\$ 14,36

CIRCUITO EXPRESO				
DESCRIPCIÓN	UNI DAD	PRECIO UNITARIO	CANTI DAD	PRECIO TOTAL
MULTICONDUCTOR 2x6+10	m	\$ 1,28	8	\$ 10,24
Interruptor termomagnetico 40A - 2 polos de riel DIN (norma IEC 60898)	c/u	\$ 4,96	1	\$ 4,96
Tomacorriente	c/u	\$ 3,09	1	\$ 3,09
Grapa EMT 1/2"	c/u	\$ 0,03	8	\$ 0,25
TACO F6	c/u	\$ 0,00	8	\$ 0,03
Tornillo T/P 1x8	c/u	\$ 0,01	8	\$ 0,09
MATERIALES				\$ 18,66
MANO DE OBRA				\$ 33,80
				\$ 52,46