

**UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA  
SEDE CUENCA**



**FACULTAD DE INGENIERIAS  
CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Tesis previa a la obtención del Título de

**INGENIERO ELECTRICO**

**“ANÁLISIS TÉCNICO DEL COMPORTAMIENTO DEL CONSUMO Y  
LA DEMANDA ELÉCTRICA EN VIVIENDAS TÍPICAS DE LA  
CIUDAD DE CUENCA, DEBIDO A LA INCORPORACIÓN DE LA  
COCINA DE INDUCCIÓN Y SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA ACS.”**

AUTOR:

**Darío Gabriel Tello Urgilés**

DIRECTOR:

**Ing. Fabián Carpio Becerra MaT.**

Cuenca, Enero del 2015

# DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Los conceptos desarrollados, los análisis realizados y las conclusiones del trabajo: “Análisis técnico del comportamiento del consumo y la demanda eléctrica en viviendas típicas de la ciudad de Cuenca, debido a la incorporación de la cocina de inducción y sistemas eléctricos para ACS” es exclusiva responsabilidad del autor Darío Tello con CI. 0104772942.

A través de la presente autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana, el uso del mismo con fines académicos, según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual, por su Reglamento y Normativa Institucional vigente.

Cuenca, Enero del 2015.



Darío Gabriel Tello Urgilés

010477294-2

# CERTIFICACIÓN

**Ing. Fabián Carpio Becerra**

Certifica:

Haber dirigido y revisado prolijamente cada uno de los capítulos del informe de monografía: “Análisis técnico del comportamiento del consumo y la demanda eléctrica en viviendas típicas de la ciudad de Cuenca, debido a la incorporación de la cocina de inducción y sistemas eléctricos para ACS” realizada por el señor: Darío Gabriel Tello Urgilés.

Cuenca, Enero del 2015.



Ing. Fabián Carpio Becerra MaT.

010269644-0

## DEDICATORIA

Principalmente quiero dedicar a Dios  
por darme la oportunidad de vivir cosas maravillosas en mi vida,  
por darnos la salud a mí y a toda mi familia;  
y por darme el regalo más hermoso,  
mi hija que es mi vida entera.

Este trabajo se lo dedico de manera especial a mi familia,  
a mi esposa Karly y a mi hija María Gabriela  
mis princesas que han sido la principal motivación  
para concluir este peldaño en mi camino a la excelencia.

Dedico además este logro a David y Lourdes mis padres  
quienes a pesar de los problemas  
siempre me animaron para concluir con mi carrera estudiantil.

Dedico esta meta a mi amigo Paúl Quinde +  
promotor del presente trabajo  
que aunque la vida no permitió que podamos concluir juntos  
se que desde el cielo estuvo apoyándome.

Darío

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque siempre está conmigo  
es mi fuerza y siempre me acompaña en cada decisión  
y es mi guía en los caminos duros y difíciles.

Agradezco a Karly y Gaby mi esposa e hija que con su amor y cariño  
han estado constantemente apoyándome en todo este proceso para graduarme  
y principalmente han sido mi más fuerte motivación.

Agradezco a David y Lourdes mis padres por que a lo largo de toda mi vida  
se han esforzado trabajando arduamente para que pueda concluir con mis metas.

Agradezco a todos mis hermanos porque siempre me han brindado su apoyo  
de manera muy especial a Santiago  
que siempre ha estado pendiente y motivando a que concluya mi carrera.

Agradezco a todos mis compañeros, profesores y en especial a mi amigo  
Paúl Quinde+ por su amistad que en paz descanse.

Agradezco a Gustavo mi primo que siempre que lo he pedido  
me ha dado una mano de manera desinteresada.

Agradezco al Ing. Marco Carpio por su ayuda incondicional y apoyo  
en todos los momentos de la carrera  
que a más que Director de Carrera ha sido para mí un gran amigo.

Agradezco de manera muy especial al Ing. Fabián Carpio Becerra;  
que con su ayuda desinteresada,  
ha sido el principal orientador y guía con sus conocimientos,  
para poder concluir este trabajo investigativo.

Darío

# Índice general

<b>1. ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS BAJO ESTUDIO</b>	<b>1</b>
1.1. Funcionamiento y características de la Cocina de Inducción . . . . .	1
1.1.1. Funcionamiento de la cocina de inducción . . . . .	1
1.1.2. Etapas en el Funcionamiento de las cocinas de inducción . . . .	3
1.1.3. Características de la cocina de inducción. . . . .	4
1.1.3.1. Selección de intensidad de Potencia de la cocina de inducción . . . . .	5
1.1.4. Análisis del comportamiento de los recipientes contenedores de alimentos ante la presencia del campo electromagnético . . . .	6
1.1.4.1. Prueba de comportamiento de las Ollas . . . . .	7
1.1.5. Empotrado de la cocina de inducción . . . . .	11
1.2. Funcionamiento y Características de la cocina a Gas . . . . .	12
1.2.1. La combustión[20] . . . . .	12
1.2.1.1. Combustible (GLP) . . . . .	13
1.2.1.2. Características Químicas del GLP. . . . .	14
1.2.1.3. Características Físicas del GLP . . . . .	16
1.2.1.4. El comburente . . . . .	18
1.2.1.5. La Energía de Activación . . . . .	18
1.2.1.6. Ley de los Gases Ideales . . . . .	18
1.2.1.7. Análisis de la densidad del GLP butano comercial en la ciudad de Cuenca - Ecuador . . . . .	20
1.2.2. Funcionamiento de la Cocina a Gas . . . . .	21
1.2.3. Características de la cocina a gas . . . . .	21
1.2.3.1. Prueba de Potencia Nominal . . . . .	21
1.2.3.2. Potencia Calorífica de Entrada . . . . .	22
1.2.3.3. Potencia Calorífica de Entrada en las hornillas . . . .	23
1.3. Funcionamiento y características del calefón eléctrico o termotanque eléctrico. . . . .	24

1.3.1.	Funcionamiento del Termotanque eléctrico . . . . .	24
1.3.1.1.	Diagrama eléctrico del termotanque . . . . .	25
1.3.2.	Calefón Eléctrico de Paso Eco Smart . . . . .	25
1.3.2.1.	Características Eléctricas del calefón Eléctrico Ecosmart . . . . .	26
1.4.	Funcionamiento y características del calefón a gas . . . . .	26
1.4.1.	Funcionamiento . . . . .	26
1.4.2.	Características . . . . .	27
1.4.3.	Potencia Calorífica de Entrada para Calefón . . . . .	27
1.4.4.	Potencia de Salida . . . . .	28
1.5.	Funcionamiento y Características de la Ducha Eléctrica . . . . .	30
1.5.1.	Partes de la ducha eléctrica . . . . .	31
1.5.2.	Características de la Ducha Eléctrica . . . . .	31
1.5.3.	Eficiencia . . . . .	31

**2. DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA COCINA DE INDUCCIÓN Y SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA ACS. 35**

2.1.	Caracterización de la demanda existente . . . . .	35
2.1.1.	Tipos de abonados según área de construcción . . . . .	35
2.2.	Diseño Eléctrico para la Cocina de Inducción y Sistemas ACS. . . . .	36
2.2.1.	Antecedentes . . . . .	38
2.2.2.	Consideraciones para el Diseño . . . . .	38
2.2.2.1.	Carga Instalada . . . . .	38
2.2.2.2.	Sistema de Redes . . . . .	39
2.2.2.3.	Niveles de Voltaje . . . . .	40
2.2.2.4.	Sistema de Medición . . . . .	40
2.2.3.	Descripción del Diseño . . . . .	40
2.2.3.1.	Determinación de la Demanda Total . . . . .	40
2.2.3.2.	Acometida principal en Baja Tensión . . . . .	40
2.2.3.3.	Sistema de Medición. . . . .	41
2.2.3.4.	Sistema de Distribución Proyectoado. . . . .	41
2.2.3.5.	Circuitos de Iluminación y Fuerza. . . . .	41
2.2.3.6.	Protecciones. . . . .	42
2.2.3.7.	Sistema de puesta a tierra para la cocina de inducción y ducha eléctrica. . . . .	42

2.2.4.	Materiales a emplearse y recomendaciones generales de construcción: . . . . .	42
2.2.5.	Cálculo de la Caída de Tensión . . . . .	42
2.2.6.	Cálculo de la caída de tensión externa . . . . .	42
2.2.6.1.	Cálculo de la caída de Tensión Interna . . . . .	48
2.3.	Estudio y Analisis del Factor de Simultaneidad . . . . .	50
2.3.1.	Factor de simultaneidad . . . . .	50
2.3.2.	Análisis del factor de simultaneidad de la cocina de inducción	50
2.3.2.1.	Factor de simultaneidad en el desayuno. . . . .	50
2.3.2.2.	Factor de simultaneidad en el almuerzo. . . . .	51
2.3.2.3.	Factor de simultaneidad en la merienda. . . . .	51
2.3.2.4.	Factor de simultaneidad general . . . . .	51
2.4.	Evaluación de la carga diversificada . . . . .	51
2.4.1.	Demanda diversificada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica . . . . .	51
2.4.2.	Demanda Diversificada Total solamente considerando la cocina de inducción . . . . .	52
2.5.	Estimación de las curvas de demanda proyectada . . . . .	52
2.5.1.	Demanda Proyectada por la cocina de inducción . . . . .	52
2.5.1.1.	Hora que la gente prefiere cocinar el desayuno . . . . .	53
2.5.1.2.	Hora que la gente prefiere cocinar el almuerzo . . . . .	53
2.5.1.3.	Hora que la gente prefiere cocinar la merienda . . . . .	54
2.5.1.4.	Resumen General para la preparación de alimentos . . . . .	54
2.5.2.	Demanda por la preparación de alimentos con cocina de inducción	55
2.5.2.1.	Desayuno (mote pillo y café con leche) . . . . .	56
2.5.2.2.	Almuerzo 1 (Sopa de porotos y de plato fuerte arroz con tortilla de atún). . . . .	58
2.5.2.3.	Almuerzo 2 (Sopa de arroz de cebada y de Plato fuerte arroz con seco de pollo). . . . .	59
2.5.2.4.	Almuerzo 3 (Sopa de arvejas y de Plato fuerte arroz con corvina apanada). . . . .	60
2.5.2.5.	Almuerzo 4 (Sopa de cabello de ángel y de Plato fuerte arroz con sancocho). . . . .	61
2.5.2.6.	Almuerzo 5 (Sopa de fideos y de Plato fuerte arroz con chuleta y papas fritas). . . . .	63

2.5.2.7.	Almuerzo 6 (Sopa de verduras y de Plato fuerte arroz con pescado frito). . . . .	64
2.5.2.8.	Merienda (Calentado) . . . . .	65
2.5.3.	Demanda Proyectada por la ducha eléctrica . . . . .	66
2.5.3.1.	Hora que la gente prefiere ducharse . . . . .	66
2.5.3.2.	Duración del duchado . . . . .	67
2.5.3.3.	Número de baños a la semana . . . . .	68
2.5.3.4.	Resumen General en el uso de la ducha . . . . .	68
2.5.4.	Demanda proyectada por el uso de la ducha eléctrica . . . . .	69
2.5.5.	Demanda proyectada diaria con la inclusión de la ducha eléctrica y cocina de inducción . . . . .	69
2.5.5.1.	Curva proyectada de demanda para días Lunes . . . . .	70
2.5.5.2.	Curva proyectada de demanda para días Martes . . . . .	70
2.5.5.3.	Curva proyectada de demanda para días Miércoles . . . . .	70
2.5.5.4.	Curva proyectada de demanda para días Jueves y Domingos . . . . .	70
2.5.5.5.	Curva proyectada de demanda para días Viernes . . . . .	70
2.5.5.6.	Curva proyectada de demanda para días Sábados . . . . .	70
<b>3.</b>	<b>ANÁLISIS DE CONSUMO</b>	<b>77</b>
3.1.	Análisis de Consumo de GLP . . . . .	77
3.1.1.	Consumo de cocción por cocina a gas . . . . .	77
3.1.1.1.	Consumo mensual por cocina a gas . . . . .	78
3.1.1.2.	Energía entregada por un cilindro de gas . . . . .	78
3.1.1.3.	Demanda de cilindros de gas mensuales para la cocina a gas . . . . .	79
3.1.2.	Consumo por calefón a gas . . . . .	79
3.1.2.1.	Prueba de duchado . . . . .	80
3.1.2.2.	Prueba de lavado de platos . . . . .	81
3.1.2.3.	Consumo mensual por calefón a gas . . . . .	81
3.1.2.4.	Demanda de cilindros de gas por calefón a gas . . . . .	81
3.1.3.	Consumo total con cilindros de gas . . . . .	82
3.2.	Análisis del consumo de la Energía Eléctrica existente y proyectada . . . . .	82
3.2.1.	Análisis de la energía eléctrica existente . . . . .	82
3.2.2.	Análisis de la energía eléctrica proyectada . . . . .	82
3.3.	Comparación de consumo y análisis de resultados . . . . .	83

3.3.1.	Comparación de consumos mensuales en la cocción de alimentos	83
3.3.2.	Comparación de consumos mensuales en la higiene personal	84
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>85</b>
<b>A.</b>	<b>DISEÑO ELÉCTRICO</b>	<b>93</b>
<b>B.</b>	<b>NORMATIVA PARA LA EJECUCIÓN DEL CIRCUITO EXPRESO PARA LAS COCINAS DE INDUCCIÓN</b>	<b>95</b>
B.1.	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES	95
B.1.0.1.	Canalizaciones [6]	95
B.1.0.2.	Conductores.[6]	96
B.1.0.3.	Tomacorrientes[6]	97
B.1.0.4.	Protecciones	98
B.1.0.5.	Tableros o Centros de Distribución.	99
B.1.0.6.	Cajetines	99
B.1.0.7.	Sistemas de puesta a tierra.	100
B.1.0.8.	Tubería.	100
<b>C.</b>	<b>CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN EXTERNA</b>	<b>103</b>
<b>D.</b>	<b>TABLAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN</b>	<b>107</b>
D.1.	Valores de FDV para baja tensión	107
D.2.	Tabla para el cálculo de la caída de Tensión	108
D.3.	Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados sin la consideración de la cocina de inducción	109
D.4.	Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados considerando la cocina de inducción	110
<b>E.</b>	<b>ENCUESTA DE HÁBITOS ENERGÉTICOS EN EL HOGAR</b>	<b>113</b>



# Índice de figuras

1.1. Funcionamiento de la cocina de inducción.[21]. . . . .	2
1.2. Proceso para el calentamiento por inducción. [27] . . . . .	4
1.3. Cocina de inducción analizada. [16]. . . . .	5
1.4. Potencias y diámetro de cada foco. . . . .	5
1.5. Identificación de botones en el panel touch. . . . .	6
1.6. Demanda de la olla de acero inoxidable hecha en Japón al incrementar la potencia. . . . .	6
1.7. Olla de hierro enlozado utilizada en el caso de estudio 1. . . . .	7
1.8. Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 1. . . . .	8
1.9. Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 1. . . . .	8
1.10. Olla de acero inoxidable marca Tramontina utilizada en el caso de estudio 2. . . . .	9
1.11. Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 2. . . . .	10
1.12. Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 2. . . . .	10
1.13. Olla de acero inoxidable hecha en Japón utilizada en el caso de estudio 3. . . . .	11
1.14. Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 3. . . . .	12
1.15. Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 3. . . . .	12
1.16. olla de acero inoxidable hecha en India utilizada en el caso de estudio 4. . . . .	13
1.17. Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 4. . . . .	14
1.18. Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 4. . . . .	14
1.19. Olla de aluminio utilizada en el caso de estudio 5. . . . .	15
1.20. Agujero para el empotrado de la cocina de inducción. . . . .	15
1.21. Triángulo de Fuego.[10] . . . . .	16

1.22. Cocina a gas analizada de modelo Valencia de marca Indurama. . . .	22
1.23. Características cocina a gas analizada de modelo Valencia; marca Indurama. . . . .	23
1.24. Gasómetro utilizado en la prueba; marca Metrex. . . . .	23
1.25. Diagrama de conexión del gasómetro. . . . .	24
1.26. Identificación de las hornillas. . . . .	25
1.27. Termotanque convencional. [22] . . . . .	26
1.28. Circuito de funcionamiento del termotanque convencional. [22] . . . .	27
1.29. Partes de un calentador eléctrico ecosmart. [12] . . . . .	28
1.30. Especificaciones técnicas de los calentadores eco smart 6,8,11. [12] . .	29
1.31. Calefón Instamatic analizado. . . . .	30
1.32. Partes de un calefón a gas. [4]. . . . .	31
1.33. Selección de temperatura en el calefón analizado. . . . .	32
1.34. Válvula principal para el calefón analizado. . . . .	32
1.35. Mecanismo de activación diafragma de ducha eléctrica.[28] . . . . .	33
1.36. Partes principales de una ducha eléctrica.[28] . . . . .	33
1.37. Ducha analizada maxi lorenzetti. . . . .	34
2.1. Demanda existente del usuario categoría D analizado. . . . .	36
2.2. Categorías de los abonados según el área promedio de construcción. Fuente: Centrosur. . . . .	36
2.3. Demanda diversificada Total existente para el abonado categoría D analizado. . . . .	39
2.4. Cuadro de Carga instalada para TD4 existente y proyectado. . . . .	39
2.5. Caída de tensión externa existente para el abonado categoría D analizado.	43
2.6. Caída de tensión externa proyectada para el Transformador proyectado 1. . . . .	45
2.7. Caída de tensión externa proyectada para el Transformador proyectado 2. . . . .	47
2.8. Características del cable TW electrocables. [13] . . . . .	49
2.9. Demanda diversificada total considerando demandas máximas reales de la cocina de inducción y ducha. . . . .	52
2.10. Demanda diversificada total considerando demanda máxima real de la cocina de inducción. . . . .	53
2.11. Hora que la gente prefiere cocinar el desayuno. . . . .	53
2.12. Hora que la gente prefiere cocinar el almuerzo. . . . .	54

2.13. Hora que la gente prefiere cocinar la merienda. . . . .	54
2.14. Registrador Trifásico Fluke 1735 POWER LOGGER. . . . .	55
2.15. Conexión del registrador FLUKE 1735 a la carga (cocina o ducha eléctrica). . . . .	56
2.16. Curva de Carga para la realización del desayuno. . . . .	57
2.17. Curva de Carga para la realización del almuerzo. . . . .	59
2.18. Curva de Carga para la realización del almuerzo. . . . .	60
2.19. Curva de Carga para la realización del almuerzo 3. . . . .	61
2.20. Curva de Carga para la realización del almuerzo 4. . . . .	62
2.21. Curva de Carga para la realización del almuerzo 5. . . . .	64
2.22. Curva de Carga para la realización del almuerzo 6. . . . .	65
2.23. Curva de Carga para la realización de la merienda. . . . .	66
2.24. Hora que la gente prefiere ducharse. . . . .	67
2.25. Duración del duchado (minutos). . . . .	68
2.26. Número de baños a la semana. . . . .	68
2.27. Curva de carga ducha eléctrica. . . . .	69
2.28. Curva proyectada de demanda para días Lunes considerando cocina y ducha eléctrica. . . . .	71
2.29. Curva proyectada de demanda para días Martes considerando cocina y ducha eléctrica. . . . .	72
2.30. Curva proyectada de demanda para días Miércoles considerando cocina y ducha eléctrica. . . . .	73
2.31. Curva proyectada de demanda para días Jueves y Domingos considerando cocina y ducha eléctrica. . . . .	74
2.32. Curva proyectada de demanda para días Viernes considerando cocina y ducha eléctrica. . . . .	75
2.33. Curva proyectada de demanda para días Sábados considerando cocina y ducha eléctrica. . . . .	76
3.1. Nivel de temperatura seleccionado en la prueba de duchado. . . . .	80
3.2. Historial de energía consumida mensual existente. . Fuente: Centrosur: Consulta de planillas . . . . .	82
B.1. Canaletas para circuito expreso, cajetines y accesorios para instalación sobrepuesta. Fuente: [6] . . . . .	96
B.2. Capacidad de conducción de corriente de conductores.Fuente: [6] . . . . .	97

B.3. Tomacorrientes a ser instalados de acuerdo a capacidad de las cocinas.Fuente: [6] . . . . .	98
B.4. Cajetines eléctricos para la instalación de tomacorrientes.Fuente: [6] . . . . .	99
D.1. Valores de FDV para baja Tensión. Fuente: Centrosur. . . . .	107
D.2. Tabla para el cálculo de la caída de Tensión. Fuente: Centrosur. . . . .	108
D.3. Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados. Fuente: Centrosur. . . . .	109
D.4. Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados considerando la cocina de inducción. Fuente: Centrosur. . . . .	111

# Índice de cuadros

1.1. Profundidad de penetración para distintos tipos de materiales. [5] . . .	3
1.2. Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 1. . . . .	7
1.3. Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 2. . . . .	9
1.4. Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 3. . . . .	9
1.5. Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 4. . . . .	11
1.6. Eficiencia y desempeño de las ollas durante la prueba. . . . .	13
1.7. Proporciones en volumen para el butano y propano comercial. [19] . .	16
1.8. Características químicas del GLP. [19] . . . . .	17
1.9. Potencia calorífica de entrada con cocción de varios alimentos. . . . .	24
1.10. Potencia calorífica de entrada con cocción de varios alimentos. . . . .	25
1.11. Potencia calorífica de entrada con cocción de varios alimentos. . . . .	26
1.12. Materiales utilizados para el análisis. . . . .	29
1.13. Datos obtenidos en el análisis. . . . .	30
2.1. Materiales para el montaje de los transformadores TR1 y TR2 de 100KVA. . . . .	46
2.2. Resumen general de horarios de preparación de alimentos . . . . .	55
2.3. Ingredientes utilizados para el desayuno1. . . . .	56
2.4. Ingredientes utilizados para el almuerzo (sopa). . . . .	58
2.5. Ingredientes utilizados para el almuerzo (plato fuerte). . . . .	58
2.6. Ingredientes utilizados para el almuerzo (sopa). . . . .	59
2.7. Ingredientes utilizados para el almuerzo (plato fuerte). . . . .	59
2.8. Ingredientes utilizados para el almuerzo 3 (sopa). . . . .	60
2.9. Ingredientes utilizados para el almuerzo 3 (plato fuerte). . . . .	61
2.10. Ingredientes utilizados para el almuerzo 4 (sopa). . . . .	62

2.11. Ingredientes utilizados para el almuerzo 4 (plato fuerte). . . . .	62
2.12. Ingredientes utilizados para el almuerzo 5 (sopa). . . . .	63
2.13. Ingredientes utilizados para el almuerzo 5 (plato fuerte). . . . .	63
2.14. Ingredientes utilizados para el almuerzo 6 (sopa). . . . .	64
2.15. Ingredientes utilizados para el almuerzo 6 (plato fuerte). . . . .	64
2.16. Resumen general de horarios de uso de la ducha . . . . .	69
2.17. Preparación de alimentos por día. . . . .	70
3.1. Equipos empleados para la pruebas de cocción. . . . .	77
3.2. Pruebas de cocción glp. . . . .	78
3.3. Consumos diario y semanal en la preparación de distintos alimentos con cocina a gas. . . . .	78
3.4. Equipos empleados para la prueba de duchado. . . . .	79
3.5. Consumo durante el duchado utilizando el calefón a gas. . . . .	80
3.6. Consumo diario y semanal por el uso del calefón a gas. . . . .	81
3.7. Energía consumida por días con inclusión de cocina de inducción y ducha eléctrica. . . . .	83
3.8. Comparación de consumos con gas e inducción. . . . .	83
3.9. Comparación de consumos con electricidad y con gas en el duchado. . . . .	84
B.1. Dimensionamiento de conductores, protecciones y tomacorriente. Fuente[6]	99
B.2. Factores de relleno de acuerdo al número de conductores.[11]	100

## INTRODUCCIÓN

Al Estado Ecuatoriano, la vigencia del subsidio al gas licuado de petróleo (GLP), le ha generado un gran déficit económico, (22% del total de cilindros de gas se expenden en el contrabando según datos entregados por el diario el Hoy 06/07/2007), lo que significa que los beneficiados no solamente somos los ecuatorianos, por lo que el cilindro de gas de 15Kg que en nuestro país se expende oficialmente a US\$1,60, las ganancias que se generan los contrabandistas se puede verificar en la siguiente figura.

<b>PORCENTAJE DE GANANCIAS AL CONTRABANDO</b>		
<b>País</b>	<b>Costo de cilindro de GLP</b>	<b>% de costo que genera ganancia al contrabando</b>
Ecuador	1.60 USD	
Colombia	7.65 USD	478 %
Perú	15.30 USD	956 %

Por este motivo el estado Ecuatoriano busca cambiar la matriz energética a través de varios proyectos hidroeléctricos, que permitirán aumentar la potencia instalada del país, abaratando el costo del kWh por que no depende su producción de hidrocarburos importados, lo que ayudará a su vez a bajar el índice de gases de efecto invernadero producidos por centrales térmicas. Por este aumento en la potencia instalada el estado Ecuatoriano motivará a la ciudadanía al cambio de aparatos tradicionales como la cocina y el calefón que requieren de GLP, por artefactos eléctricos que cumplen con la misma función como la cocina de inducción, ducha eléctrica y calefón eléctrico.

En el presente trabajo investigativo, se determinará el consumo y la demanda eléctrica que provocarán los aparatos eléctricos que se implementarán en los hogares Ecuatorianos en reemplazo de los artefactos tradicionales que necesitan de glp; además se realizará un análisis comparativo de consumo. A su vez se determinarán las probables horas pico en las que típicamente funcionarán estos aparatos eléctricos su curva diaria de carga y como interfieran en la demanda eléctrica de una vivienda típica. Por consiguiente se evaluará la demanda diversificada para un abonado Tipo D, con la incusión de los aparatos eléctricos cocina de inducción y ducha eléctrica por consiguiente se evaluarán las caídas de tensión proyectadas considerando las nuevas demandas de diseño para cocina de inducción y mediante un ejemplo se planteará si es necesario una repotenciación de transformador, reubicación del mismo, aumento de calibres de conductores, etc.



# Capítulo 1

## ANÁLISIS DE LOS EQUIPOS BAJO ESTUDIO

### 1.1. Funcionamiento y características de la Cocina de Inducción

La cocina de inducción es un aparato de uso doméstico, el cual está previsto que en la República del Ecuador reemplazará a las cocinas de gas tradicional.

Su funcionamiento se fundamenta en algunos principios básicos del electromagnetismo que se van a detallar en el presente capítulo.

#### 1.1.1. Funcionamiento de la cocina de inducción

Para entender el funcionamiento de la cocina de inducción en primera instancia se deberá observar la figura 1.1, “al circular una corriente alterna por un conductor, alrededor del mismo se produce un campo magnético variable”<sup>1</sup>[8] .

Para el caso de la figura 1.1 el campo magnético ( $B$ ) generado está en dirección del eje  $z$ , y en función del tiempo tiene el valor de

$$B = B_m \cos \omega t \quad (1.1)$$

es decir, que “un campo magnético variable con el tiempo induce un voltaje en una bobina de alambre si pasa a través de esta”<sup>2</sup> [8] en materiales ferromagnéticos<sup>3</sup> como

---

<sup>1</sup>Ley de Ampere

<sup>2</sup>Ley de Faraday

<sup>3</sup>Los materiales ferromagnéticos son materiales que poseen una facilidad para conducir o transportar el flujo magnético, estos materiales no son lineales y se magnetizan excepto hasta que alcanzan la temperatura de Curie[26], entonces se convierten en un material paramagnético, la temperatura de Curie o necesaria para que el Hierro se comporte como paramagnético es de  $770^{\circ}C$  [21], su principal característica es que poseen  $\mu_r \gg 1$  (permeabilidad relativa),  $x_m$ (suceptibilidad magnética) tiene un valor elevado.[26]

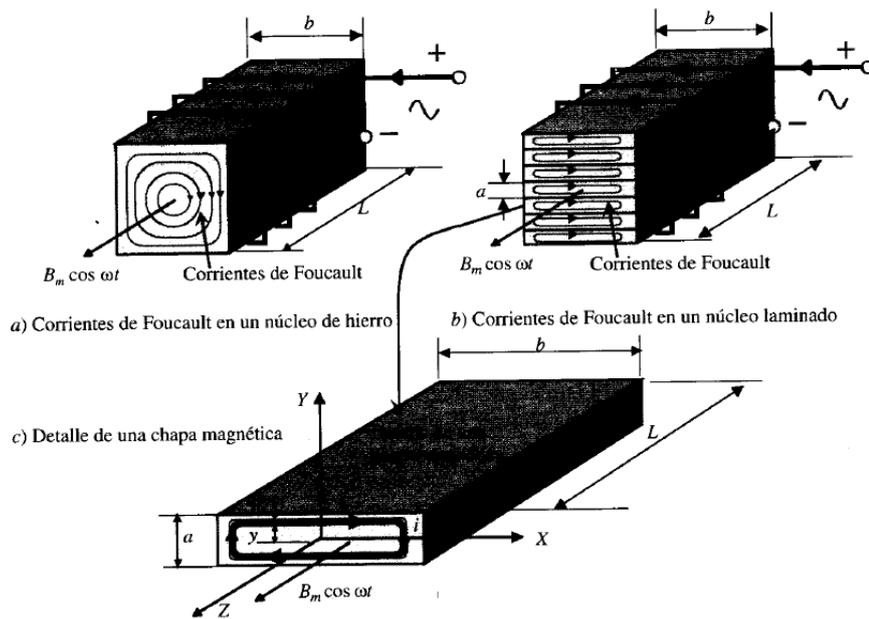


Figura 1.1: Funcionamiento de la cocina de inducción.[21].

un trozo de hierro que es un material conductor<sup>4</sup> en el interior del mismo circularán unas corrientes de torbellino o parásitas las cuales al poseer energía cinética chocarán con los átomos del material produciéndose calor; a este suceso se le conoce como efecto Joule. [21]

Para que la corriente fluya en la corteza del conductor es necesario que el campo electromagnético esté a alta frecuencia, con valores comprendidos entre 20 y 100 khz debido a la profundidad de penetración de la corriente o efecto piel,<sup>5</sup> la cual disminuye cuando la permeabilidad magnética del material es mayor o cuando la frecuencia de operación es alta, mientras que aumenta cuando la permeabilidad magnética del material es menor o cuando la frecuencia de operación es baja como se puede ver en la ecuación 1.2.

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi f \mu \sigma}} (m) \quad (1.2)$$

En donde:

$\delta$  =es la profundidad de penetración de la corriente en metros.

$\pi$  =es una constante de 3,1416.

$f$  =es la frecuencia a la que trabaja el conductor su unidad es Hertz (Hz).

<sup>4</sup>un material conductor es un material que puede transportar con facilidad la corriente eléctrica.

<sup>5</sup>El efecto piel esta directamente relacionado con la frecuencia en los conductores, y se dice que para mayores cantidades de frecuencia la corriente fluye por la corteza del conductor, y no fluye en el interior del mismo. [14]

$\mu$  =es la permeabilidad magnética del material su unidad es  $\frac{\text{Henry}}{\text{m}}$ .

$\sigma$  =es la conductividad que posee el material su unidad es  $\frac{\text{Siemens}}{\text{m}}$ .

Por esto se deduce que para el correcto funcionamiento de las cocinas de inducción, la circulación de corrientes parásitas se deberá concentrar en el exterior del material conductor por lo que es necesario de una alta frecuencia de trabajo y materiales ferromagnéticos.

A continuación en la tabla 1.1 se puede observar algunas profundidades de penetración para distintos tipos de materiales.

	acero 20°C	acero 20°C	cobre 20°C	cobre 900°C	grafito 20°C
$\rho[\mu\Omega.m] \rightarrow$	0.16	0.16	0.017	0.086	10
$\mu_r [-] \rightarrow$	40	100	1	1	1
Frecuencia ↓	$\delta$ [mm]	$\delta$ [mm]	$\delta$ [mm]	$\delta$ [mm]	$\delta$ [mm]
50 Hz	4.50	2.85	9.31	20.87	225.08
100 Hz	3.18	2.01	6.58	14.76	159.15
1 kHz	1.01	0.64	2.08	4.67	50.33
10 kHz	0.32	0.20	0.66	1.48	15.92
100 kHz	0.10	0.06	0.21	0.47	5.03
1 MHz	0.03	0.02	0.07	0.15	1.59

Cuadro 1.1: Profundidad de penetración para distintos tipos de materiales. [5]

Como se puede ver en la tabla 1.1 para materiales ferromagnéticos como el acero la profundidad de penetración es mucho menor que para elementos como el cobre y grafito.

### 1.1.2. Etapas en el Funcionamiento de las cocinas de inducción

A continuación en la figura 1.2 se detalla las etapas del funcionamiento de las cocinas de inducción.

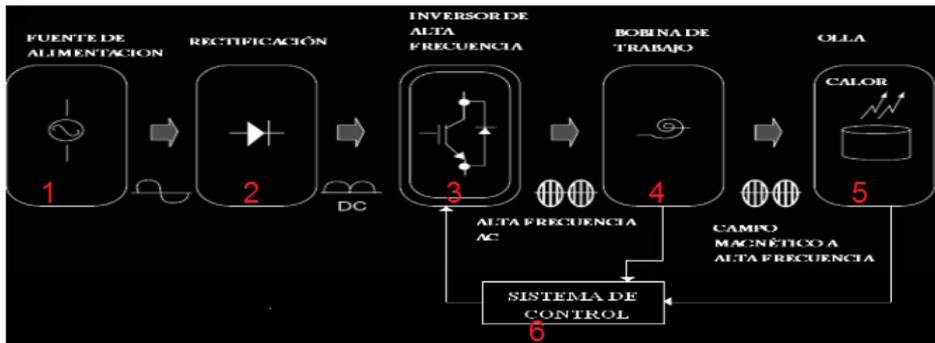


Figura 1.2: Proceso para el calentamiento por inducción. [27]

**PASO 1.** En primera instancia existe una fuente de alimentación en este caso es de 220v a 60 Hz.

**PASO 2.** Esta señal va a un proceso de rectificación para conversión AC- DC.

**PASO 3.** Esta señal de Corriente directa (DC) mediante conmutadores electrónicos rápidos (IGBT), convierten a una señal alterna a alta frecuencia (decenas de Khz).

**PASO 4.** Esta señal es alimentada al inductor el mismo que se encargará de transmitir las ondas electromagnéticas a alta frecuencia (véase efecto Piel) a la pieza a calentar.

**PASO 5.** El recipiente o material a calentar debe ser de material ferromagnético para que por Efecto Joule disipe calor.

**PASO 6.** El sistema de control se encarga de controlar el factor de potencia del sistema aumentando o disminuyendo la frecuencia de operación del IGBT.

### 1.1.3. Características de la cocina de inducción.

La cocina de inducción analizada en el presente trabajo investigativo (véase la figura1.3), contiene las siguientes características:

De marca Indurama modelo EI- 3PV

Voltaje Nominal: 220V de Corriente Alterna a 60 Hz.



Figura 1.3: Cocina de inducción analizada. [16].

Como se muestra en la tabla 1.4, la cocina tiene como potencias y dimensiones:

Zona	Diámetro (mm)	Potencia máxima (w)
1	280	1200
2	180	2300
3	160	2300
	TOTAL	5800

Figura 1.4: Potencias y diámetro de cada foco.

#### 1.1.3.1. Selección de intensidad de Potencia de la cocina de inducción

La cocina de inducción puede cocinar a distintas potencias desde 0 hasta 9; siendo 0 nivel mínimo ó apagado y 9 máximo. Para seleccionar el nivel de potencia se deben seguir los siguientes pasos:

1. Se debe en primera instancia pulsar el botón de prendido.
2. Seleccionar la zona a controlar puede ser la Zona 1, Zona 2 y la Zona 3.
3. Luego de seleccionar la Zona se debe pulsar el botón aumentar hasta la potencia deseada ya que empieza en 0.
4. Al terminar de usar la cocina se debe apagar con el botón de prendido ya que es el mismo para apagar la cocina.

Para conocer los botones mencionados obsérvese la figura 1.5.

Al seleccionar diferentes potencias de menor a mayor las potencias demandadas por la olla de acero inoxidable hecha en Japón en la zona 1 se puede observar en la figura 1.6.

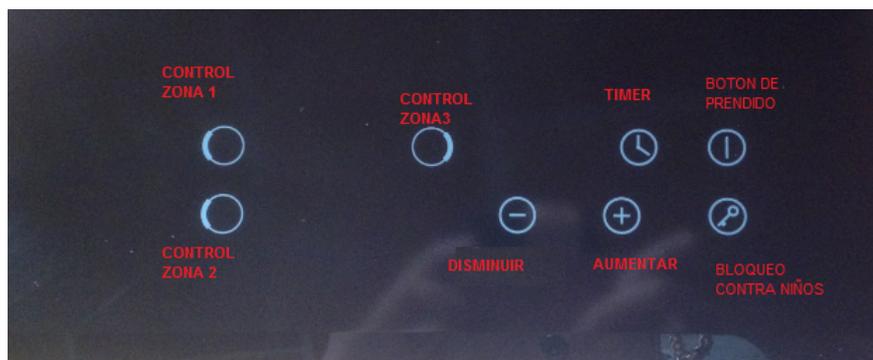


Figura 1.5: Identificación de botones en el panel touch.

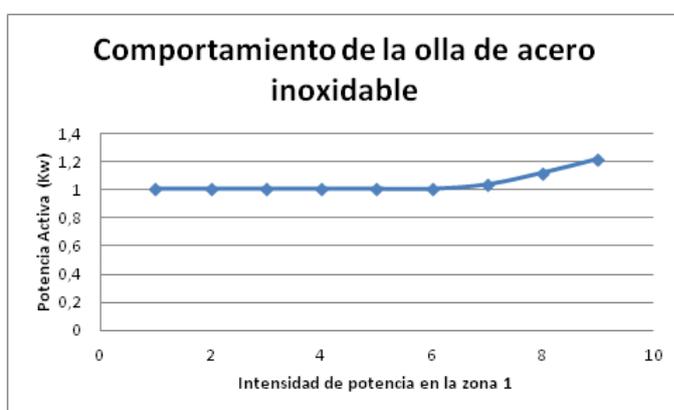


Figura 1.6: Demanda de la olla de acero inoxidable hecha en Japón al incrementar la potencia.

#### 1.1.4. Análisis del comportamiento de los recipientes contenedores de alimentos ante la presencia del campo electromagnético

Los recipientes contenedores, comúnmente denominados “ollas” en el pasar del tiempo han sido constituidos por diversos materiales, cada uno de ellos tendiendo a reducir el costo de adquisición y mejorar la salud de los usuarios; por esta característica tenemos un sinnúmero de tipos en el mercado local.

Para el caso de las cocinas de inducción se tienen que considerar que la olla no es un ente aislado; sino que forma parte estructural del “circuito magnético”, ya que es el elemento en el cual se producirá el calor debido a que los campos electromagnéticos generados por la cocina están dirigidos a materiales ferromagnéticos para que en los mismos se produzcan las corrientes de torbellino las cuales producirán el calentamiento. A continuación se detallará en que consistió la prueba de comportamiento.

#### 1.1.4.1. Prueba de comportamiento de las Ollas

Las pruebas de comportamiento consistieron en monitorear las curvas de demanda (Potencia vs. Tiempo), en el cual se puede hervir un litro de agua utilizando distintos tipos de ollas teniendo como factor común la misma Cocina de Inducción, Potencia suministrada y Registrador POWER LOGGER 1735.

Como paso previo se indica que se observó cómo se comportaron ante la presencia del campo electromagnético emanado por la cocina a su máxima potencia (2300W) en la zona 3.(Tómese en cuenta que en cada prueba a la olla no se la tapó.)

**Caso de Estudio 1: Olla de Hierro Enlozado** En la figura 1.7 se puede observar el elemento utilizado en este análisis. El diámetro de la base es de 26 cm y de alto 15 cm lo que da un volumen total del recipiente de 7,96 lts.



Figura 1.7: Olla de hierro enlozado utilizada en el caso de estudio 1.

En la figura 1.8 se puede observar el comportamiento de la demanda durante la prueba.

En la figura 1.9 se puede observar el comportamiento de la temperatura Vs tiempo.

En la tabla 1.2 se puede observar el consumo de energía activa, reactiva, tiempo de duración para hervir un litro de agua y eficiencia.

Eficiencia	Tiempo	Energía Activa (Wh)	Energía Reactiva (VARh)
$\frac{1873w}{2300w} \times 100 \% = 81,43 \%$	3min 51seg	130,351	-23,756

Cuadro 1.2: Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 1.

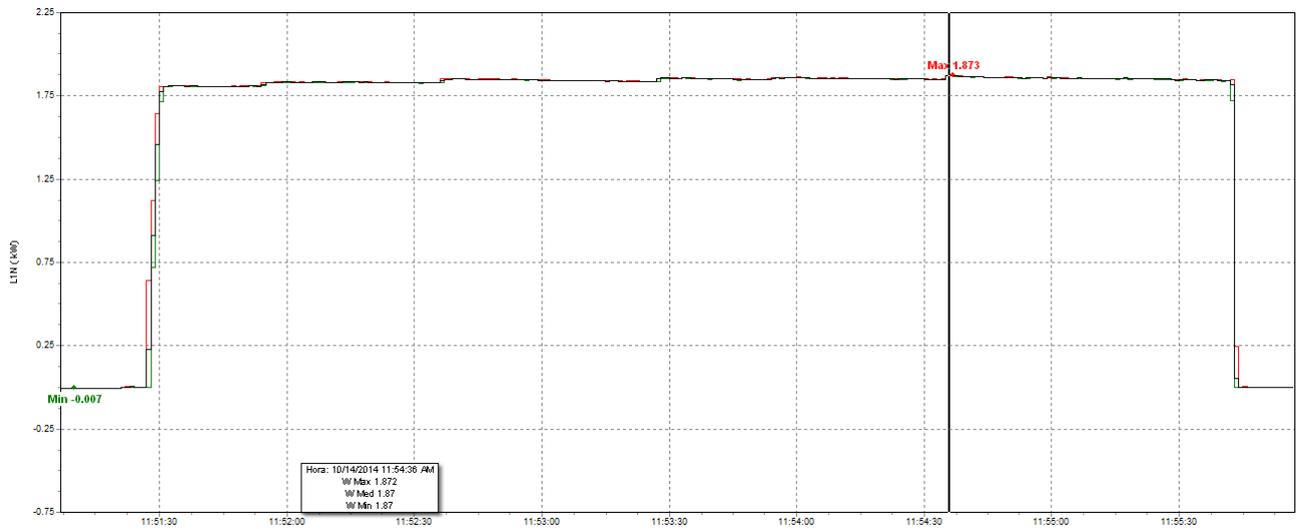


Figura 1.8: Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 1.

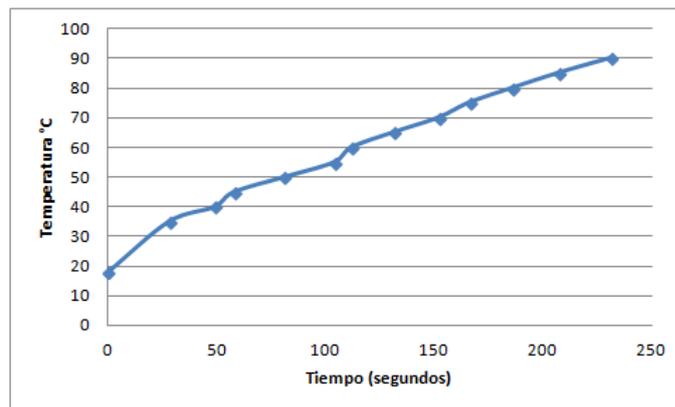


Figura 1.9: Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 1.

**Caso de Estudio 2: Olla de Acero Inoxidable marca Tramontina** En la figura 1.10 se puede observar la olla utilizada en este análisis. Esta olla se determinó que solo la base es ferromagnética; además el diámetro de la base es de 20 cm y de alto 8,5 cm lo que da un volumen total del recipiente de 2,67 lts.

En la figura 1.11 se puede observar el comportamiento de la demanda durante la prueba.

En la figura 1.12 se puede observar el comportamiento de la temperatura Vs tiempo.

En la tabla 1.3 se puede observar el consumo de energía activa, reactiva, tiempo de duración para hervir un litro de agua y eficiencia.



Figura 1.10: Olla de acero inoxidable marca Tramontina utilizada en el caso de estudio 2.

Eficiencia	Tiempo	Energía Activa (Wh)	Energía Reactiva (VARh)
$\frac{1551w}{2300w} \times 100 \% = 67,43 \%$	4min 47seg	149	-31,133

Cuadro 1.3: Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 2.

**Caso de Estudio 3: Olla de Acero Inoxidable hecha en Japón** En la figura 1.13 se puede observar la olla utilizada en este análisis. El diámetro de la base es de 28 cm y de alto 11,5 cm lo que da un volumen total del recipiente de 7,08 lts.

En la figura 1.14 se puede observar el comportamiento de la demanda durante la prueba.

En la figura 1.15 se puede observar el comportamiento de la temperatura Vs tiempo.

En la tabla 1.4 se puede observar el consumo de energía activa, reactiva, tiempo de duración para hervir un litro de agua y eficiencia.

Eficiencia	Tiempo	Energía Activa (Wh)	Energía Reactiva (VARh)
$\frac{2100w}{2300w} \times 100 \% = 91,30 \%$	3min 30seg	112,143	-17,949

Cuadro 1.4: Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 3.

**Caso de Estudio 4: Olla de Acero Inoxidable hecha en India** En la figura 1.16 se puede observar la olla utilizada en este análisis. El diámetro de la base es de 22,5 cm y de alto 19 cm lo que da un volumen total del recipiente de 7,55 lts.

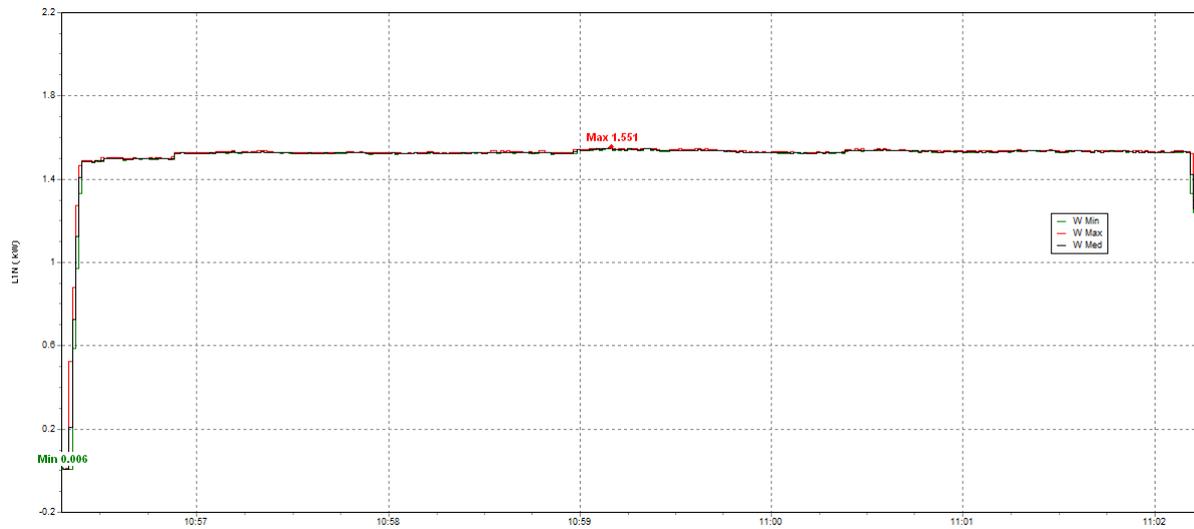


Figura 1.11: Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 2.

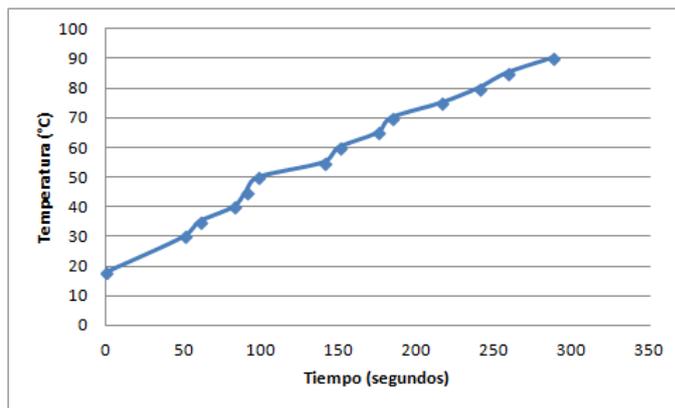


Figura 1.12: Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 2.

En la figura 1.17 se puede observar el comportamiento de la demanda durante la prueba.

En la figura 1.18 se puede observar el comportamiento de la temperatura Vs tiempo.

En la tabla 1.5 se puede observar el consumo de energía activa, reactiva, tiempo de duración para hervir un litro de agua y eficiencia.

**Caso de Estudio 5: Olla de Aluminio** Al colocar la olla de aluminio (véase la figura 1.19 ) para el calentamiento; salió un mensaje de error que significa que la olla no es apta para calentamiento por inducción por lo tanto no se realizó la prueba.

En resumen el desempeño de las ollas se muestra en la tabla 1.6.



Figura 1.13: Olla de acero inoxidable hecha en Japón utilizada en el caso de estudio 3.

Eficiencia	Tiempo	Energía Activa (Wh)	Energía Reactiva (VARh)
$\frac{1264w}{2300w} \times 100\% = 54,96\%$	9min 28seg	209,96	-62,38

Cuadro 1.5: Eficiencia, tiempo de duración y energía consumida en la prueba para el caso de estudio 4.

**Conclusiones de Características de las ollas analizadas** En el presente trabajo de investigación no se pretendió analizar que material de olla posee mayores ventajas en el calentamiento por inducción, pero si este tema se propondría para futuras investigaciones, lo que si se identificó es que en las ollas de acero inoxidable su eficiencia esta desde un 55% hasta un 91% aproximadamente, en las ollas de hierro enlozadas alcanzaron un 81,43%; además se pudo deducir que las ollas de acero inoxidable con solamente la base ferromagnética (como la Tramontina analizada) no generan un buen rendimiento.

### 1.1.5. Empotrado de la cocina de inducción

La cocina necesita de un agujero para su instalación el material de este debe ser resistente al calor y debe poseer ventilación. En la figura 1.20 se muestra las dimensiones necesarias para el agujero.

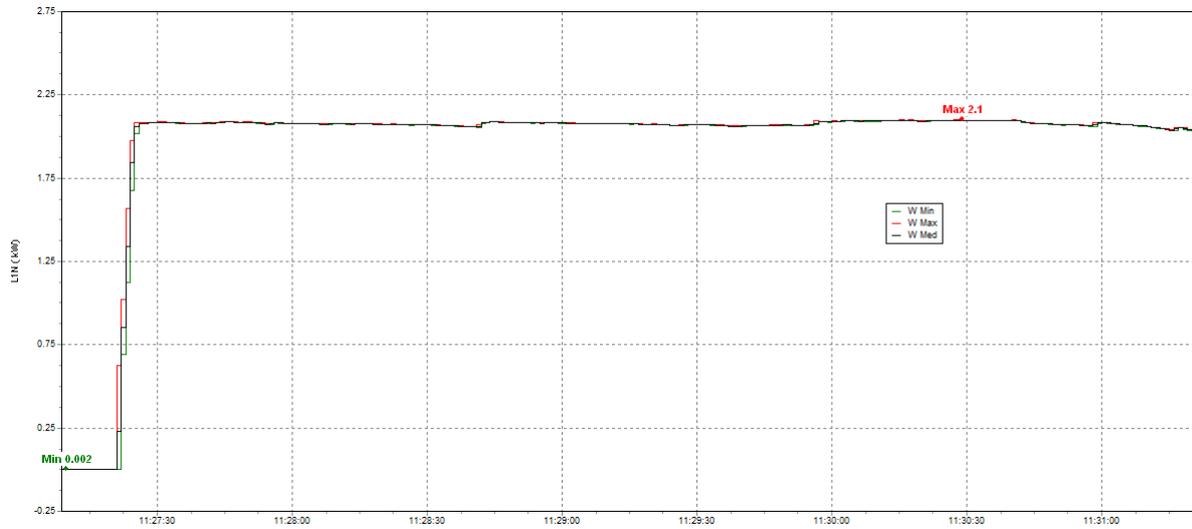


Figura 1.14: Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 3.

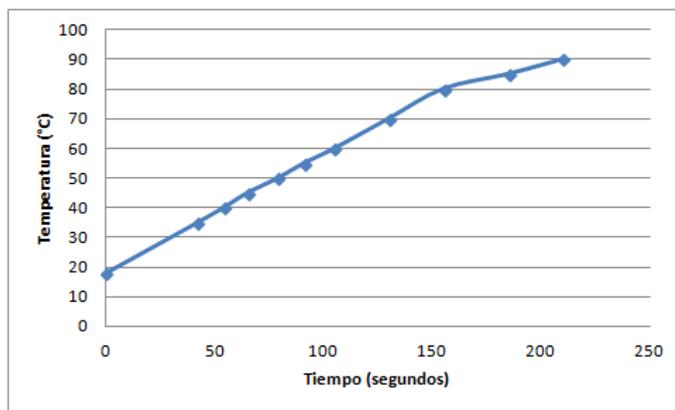


Figura 1.15: Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 3.

## 1.2. Funcionamiento y Características de la cocina a Gas

Para entender el funcionamiento y las características de la cocina a gas, primero se estudiará algunos conceptos básicos del principio de combustión.

### 1.2.1. La combustión[20]

Para el proceso de combustión deben existir 3 elementos imprescindibles para que se produzca la combustión.

Estos elementos son:



Figura 1.16: olla de acero inoxidable hecha en India utilizada en el caso de estudio 4.

Caso de Estudio	1	2	3	4	5
Eficiencia	81.43 %	67.43 %	91.30 %	54.96 %	-
Tiempo	3min51seg	4min47seg	3min30seg	9min28seg	-
E.Activa	130,351Wh	149Wh	112,143Wh	209,96Wh	-
E. Reactiva	-23,756VARh	-31,133VARh	-17,949VARh	-62,38VARh	-

Cuadro 1.6: Eficiencia y desempeño de las ollas durante la prueba.

- Combustible: Gas Licuado de Petróleo (GLP)<sup>6</sup>
- Comburente: Oxígeno
- Energía de activación: Chispa producida por el fósforo o por corto circuito controlado.

#### 1.2.1.1. Combustible (GLP)

El combustible utilizado en la cocina o calefón en la ciudad de Cuenca es el GLP, y es el elemento que se debe oxidar o quemar para que se produzca la Energía necesaria para el calentamiento por conducción de calor en recipientes o serpentín conductor en el caso del calefón.

<sup>6</sup>El gas licuado del petróleo (GLP) es la mezcla de gases licuados presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo. Los componentes del GLP, aunque a temperatura y presión ambientales son gases, son fáciles de licuar, de ahí su nombre. En la práctica, se puede decir que los GLP son una mezcla de propano y butano.[19]

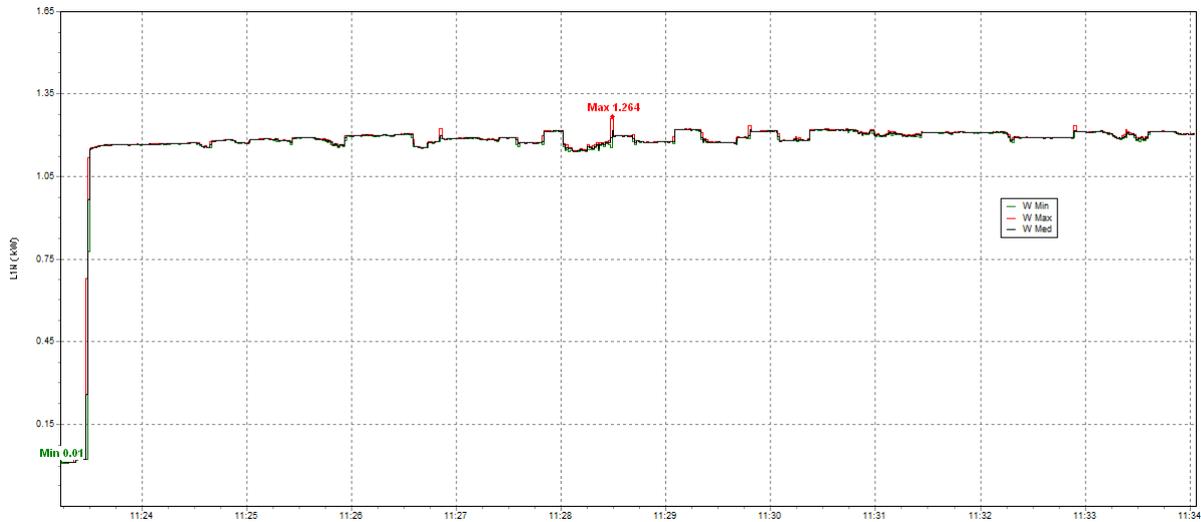


Figura 1.17: Comportamiento de la demanda para el caso de estudio 4.

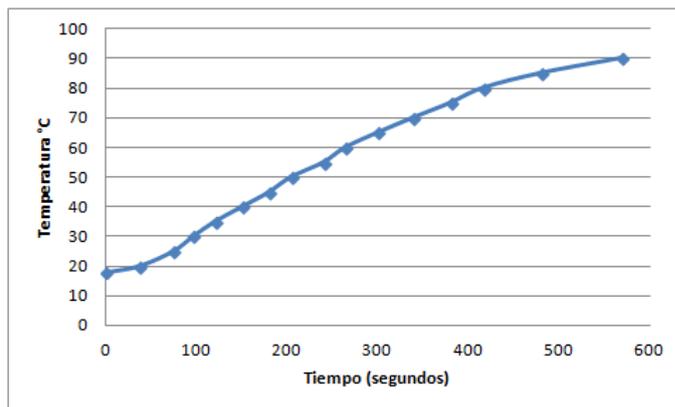


Figura 1.18: Curva de temperatura vs tiempo para hervir un litro de agua en caso de estudio 4.

El GLP, es un hidrocarburo combustible que “en estado normal se encuentran en estado (fase) gaseosa. Se obtienen del refinado del petróleo por destilación fraccionada, del mismo modo que se obtienen otros derivados del petróleo como la gasolina. Los GLP se almacenan en botellas y depósitos en estado (fase) líquida al someterlos a presión.”[19]

### 1.2.1.2. Características Químicas del GLP.

#### Mezclas

El GLP, posee mezclas entre el butano y propano. Los valores de en porcentaje para obtener el butano comercial y propano comercial se pueden observar en la tabla 1.7, el propano comercial es más utilizado en sistemas de calefacción, mientras el bu-



Figura 1.19: Olla de aluminio utilizada en el caso de estudio 5.

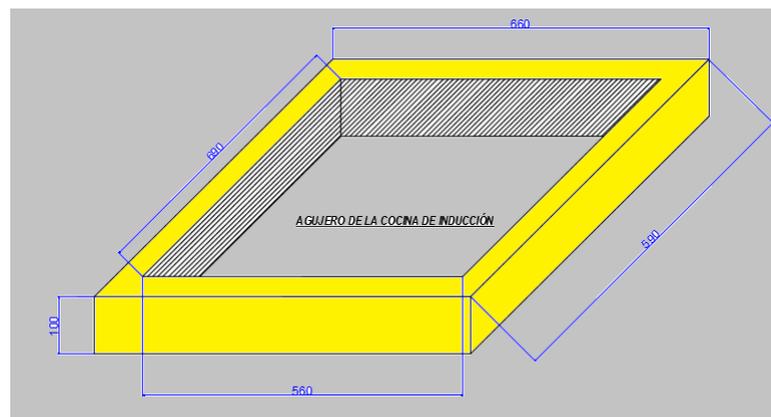


Figura 1.20: Agujero para el empotrado de la cocina de inducción.

tano comercial es utilizado para uso doméstico como para uso industrial, actualmente Austrogas brinda los siguientes productos:

GLP Doméstico: Envasado en cilindros de 15 Kg.

GLP Industrial: Envasado en cilindros de 3 Kg, 5 Kg, 10 Kg, 15 Kg, 22 Kg, 27 Kg y 45 Kg. [3]

En la tabla 1.8, se puede observar las características químicas del propano y butano comerciales.

### **Inflamabilidad y combustión. [19]**

Ambos gases forman con el aire mezclas inflamables y necesitan una gran cantidad de aire para su combustión. Resultan inflamables en el aire solo cuando se mezclan

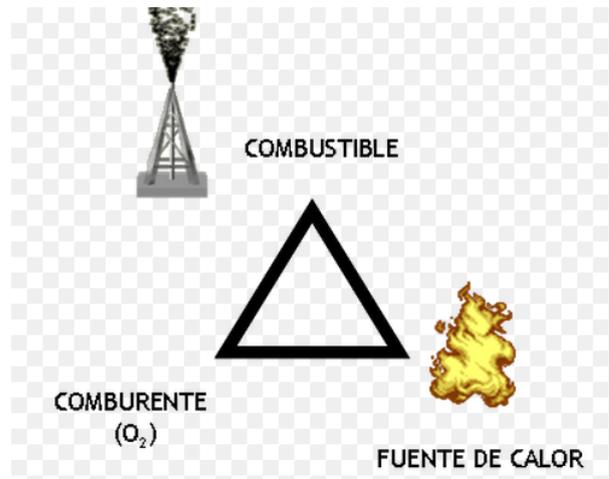


Figura 1.21: Triángulo de Fuego.[10]

		PROPORCIONES EN VOLUMEN	
		Propano comercial	Butano comercial
<b>Propano</b>	<b>(C3)</b>	mín. 80 %	max. 20 %
<b>Butano</b>	<b>(C4)</b>	max. 20 %	mín. 80 %

Cuadro 1.7: Proporciones en volumen para el butano y propano comercial. [19]

en una cierta proporción:

- Propano: entre el 2,2 y el 9,5 % de propano
- Butano: entre el 1,9 y el 8,5 % de butano

### Presiones de utilización más usuales de los GLP[19]

- Propano comercial 37 y 50 mbar
- Butano comercial 28 mbar

#### 1.2.1.3. Características Físicas del GLP

##### Corrosión.

“Los GLP no corroen al acero, ni al cobre ni tampoco a sus aleaciones y no disuelven los cauchos sintéticos lo que ayuda a que sean considerados como elementos para su instalación.”[19]

VALORES CARACTERÍSTICOS	PROPANO COMERCIAL		BUTANO COMERCIAL	
Tensión de vapor absoluta a 20° C	8,5 bar abs.		2,25 bar abs.	
Temperatura de ebullición a presión atm.	- 45° C		- 0,5° C	
Masa en volumen del gas a 20° C y presión atmosférica (ρ) (valores SEDIGAS)	2,095 kg/m <sup>3</sup>		2,625 kg/m <sup>3</sup>	
Densidad en fase gas (respecto al aire)	1,62		2,03	
Masa en volumen del líquido a 20° C (ρ)	506 kg/m <sup>3</sup>		580 kg/m <sup>3</sup>	
Densidad en fase líquida (respecto al agua)	0,506		0,580	
Poder Calorífico Superior -Hs-	12 000 kcal/kg	13,95 kWh/kg	11 900 kcal/kg	13,83 kWh/kg
	25 140 kcal/m <sup>3</sup>	29,23 kWh/m <sup>3</sup>	31 240 kcal/m <sup>3</sup>	36,32 kWh/m <sup>3</sup>
Poder Calorífico Inferior -Hi-	10 900 kcal/kg	12,67 kWh/kg	10 820 kcal/kg	12,47 kWh/kg
	22 835 kcal/m <sup>3</sup>	26,55 kWh/m <sup>3</sup>	28 400 kcal/m <sup>3</sup>	33,02 kWh/m <sup>3</sup>
Presión atmosférica = 1,01325 bar; Masa en volumen del aire ρ = 1,293 kg/m <sup>3</sup> ; Masa en volumen del agua ρ = 1000 kg/m <sup>3</sup> .				

Cuadro 1.8: Características químicas del GLP. [19]

### Toxicidad.

Los GLP no son tóxicos, la toxicidad se origina cuando existe una combustión incompleta y como resultado se emanan gases nocivos para la salud como el monóxido de carbono CO, que con cantidades pequeñas serían mortales; por lo que es recomendable en el caso de calefones, cocinas y elementos que utilicen GLP, que exista una correcta ventilación para que el espacio físico no se sature con el mismo. Pero si existe una gran cantidad de GLP en el ambiente y en especial en lugares sin ventilación, la persona por falta de oxígeno también podría morir con una enfermedad llamada hipoxia.[23]

### Olor.

Los GLP no tienen olor por lo que se les añade antes de su distribución un oloriante peculiar a base de mercaptanos para poder percibir cualquier fuga.[19]

### Contaminación.

“La energía GLP es el combustible ecológicamente más respetuoso con la naturaleza pues su combustión no contamina la atmósfera. Al estar estos gases exentos de azufre, plomo y sus óxidos, la combustión es limpia, no produce olores ni residuos (hollín, ni humos). Los productos de la combustión (PDC) son solamente  $CO_2$  y  $H_2O$ .”[19]

## **Grado de llenado.**

“Los GLP en fase líquida se dilatan por la temperatura más que los recipientes que los contienen. Por tanto, éstos no se han de llenar plenamente para así poder absorber el diferencial de dilatación pues de lo contrario se producirían excesos de presión no deseables. El grado de llenado máximo está establecido reglamentariamente en un 85 %, considerando la masa en volumen a 20° C.” [19]

### **1.2.1.4. El comburente**

“El comburente es un elemento necesario para la combustión ya que la propaga, se dice que el aire es comburente ya que está compuesta del 21 % de Oxígeno, y del 79 % de Nitrógeno, el oxígeno facilita la combustión es por esto que en lugares cerrados se produce la combustión incompleta por falta del mismo.”[20]

### **1.2.1.5. La Energía de Activación**

Es el elemento encargado de desencadenar la combustión, este elemento podrá ser un fósforo, chispa o arco eléctrico.[20]

### **1.2.1.6. Ley de los Gases Ideales**

“Según la teoría atómica las moléculas pueden tener o no cierta libertad de movimientos en el espacio; estos grados de libertad microscópicos están asociados con el concepto de orden macroscópico, la libertad de movimiento de las moléculas de un sólido está restringida a pequeñas vibraciones; en cambio las moléculas de un gas se mueven aleatoriamente y solo están limitadas por las paredes del recipiente que las contiene.

Se han desarrollado leyes empíricas que relacionan las variables macroscópicas en base a las experiencias en laboratorio realizadas, en los gases ideales, estas variables, incluyen la Presión (P), el volumen (V), y la Temperatura (T).

**La Ley de Boyle - Mariotte** Mariotte relaciona inversamente las proporciones de volumen y presión de un gas, manteniendo la temperatura constante:

$$P1 \times V1 = P2 \times T2 \quad (1.3)$$

**La ley de Gay- Lussac** Afirma que el volumen de un gas, a presión constante, es directamente proporcional a la presión absoluta:

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2} \quad (1.4)$$

**La Ley de Charles** Sostiene que a volumen constante, la presión de un gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta del sistema:

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \quad (1.5)$$

Las 3 leyes deducen la ley universal de los gases:

$$\frac{P_1V_1}{T_1} = \frac{P_2V_2}{T_2} \quad (1.6)$$

**La ley de los Gases Generalizada** Como consecuencia de la hipótesis de Avogadro pueden considerarse una generalización de la Ley de los Gases, si el volumen molar (volumen que ocupa un mol. de moléculas de gas) es el mismo para todos los gases en C. N. P. T, entonces es posible considerar que es el mismo para todos los gases ideales a cualquier temperatura y presión que se somete al sistema, esto es por cierto por que las leyes que gobiernan los cambios de volumen de los gases con variaciones de temperatura y presión son las mismas para todos los gases ideales.

Relacionando proporcionalmente el número de moles (n), el volumen, la presión y la temperatura y para establecer una igualdad se debe añadir una constante R quedando:

$$PV = nRT \quad (1.7)$$

El valor de R se calcula a partir del volumen molar en C. N. P. T:

$$R = \frac{PV}{nT} = \frac{1atm \times 22,4dm^3}{1mol \times 273^{\circ}K} = 0,08205 \frac{atm.lt}{mol.^{\circ}K} \quad (1.8)$$

Por definición n (número de moles ) se calcula dividiendo la masa de una gas por el Mr (masa molecular relativa del mismo).

$$PV = \frac{m}{Mr}RT \quad (1.9)$$

**Densidad de un gas** En un determinado número de moléculas el gas ocupa un cierto espacio, si aumentamos el volumen, la cantidad de moléculas se distribuirán de manera que encontremos menor cantidad en el mismo volumen anterior, la masa no varía al aumentar o disminuir el volumen; lo que cambia es la relación masa- volumen esa relación se denomina densidad, a continuación la fórmula nos indica la relación:

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1.10)$$

reordenando la ecuación 1.9 tenemos:

$$PMr = \frac{m}{v}RT \quad (1.11)$$

$$PMr = \rho RT \quad (1.12)$$

entonces:

$$\frac{PMr}{RT} = \rho \quad (1.13)$$

”[25]

### 1.2.1.7. Análisis de la densidad del GLP butano comercial en la ciudad de Cuenca - Ecuador

Utilizando la ecuación 1.13 se nota que se necesita conocer la presión atmosférica P para ello se debe citar a la siguiente fórmula:

$$P = \frac{Po}{e^{\left[\frac{(z \times g)}{(R \times T)}\right]}} \quad (1.14)$$

Donde:

P: es la presión atmosférica local en (hpa).

Po: es la presión atmosférica estándar (1013,25 hpa =760 mm Hg) producida idealmente a 0 m.s.n.m<sup>7</sup>, 20° C de Temperatura, humedad relativa del 20 % y 1,2 Kg/m<sup>3</sup>.

e: es exponencial.

g: es la aceleración de la gravedad local para el caso del Ecuador es 9,78031 m/s<sup>2</sup>.

R: es la constante de los gases 287,04 m<sup>2</sup>/seg<sup>2</sup>°K; ó 0,082  $\frac{atm \times m^3}{Kmol \times K}$

T: es la temperatura local (°K).[15]

---

<sup>7</sup>m.s.n.m: estas siglas significan la altitud de lugar analizado en metros sobre el nivel del mar.

La ciudad de Cuenca está ubicada a 2550 m.s.n.m y posee una temperatura media anual de 15,6 °C .[9]

Utilizando la fórmula se obtuvo:

$$P = \frac{1013,25}{e^{\left(\frac{9,78031 \times 2550}{287,04 \times 15,6}\right)}} = 749,84hPa.$$

Debido a que la ecuación 1.13 pide la P en atmósferas  $P = 749,84hPa \times \frac{1atm}{1013,25hPa} = 0,74$  atmósferas.

Y considerando la masa molar del butano comercial  $M_r=49,60$  Kg/mol; entonces:

$$\rho = \frac{0,74atm \times 49,6Kg \times Kmol \times ^\circ K}{Kmol \times 0,082atm \times m^3 \times 288,5^\circ K} = 1,55kg/m^3 \quad (1.15)$$

### 1.2.2. Funcionamiento de la Cocina a Gas

Para la combustión es necesario de un elemento que pueda generar los 3 elementos básicos de la combustión, y son los quemadores que en la cocina se encargan de controlar la temperatura de combustión, estos quemadores provocarán la llama que por conducción de calor calentará la pieza a calentar (cacerola) que provocará la Energía necesaria para la cocción de alimentos.

### 1.2.3. Características de la cocina a gas

La cocina a gas a la cual se realizará el análisis es la cocina Indurama de modelo Valencia de 4 quemadores y con horno incluido (véase la figura 1.22). Nota: el horno no se analizará ya que se haría una similar comparación al horno eléctrico.

La cocina tiene como datos característicos de consumo los siguientes (véase la figura 1.23 ).

#### 1.2.3.1. Prueba de Potencia Nominal

Para identificar la potencia nominal o potencia superior<sup>8</sup> de cada hornilla se necesitó de un gasómetro de marca Metrex el mismo que se puede observar en la figura 1.24.

Para identificar la conexión del gasómetro se puede observar en la figura 1.25.

Para diferenciar cada hornilla se utilizarán números (véase la figura 1.26).

---

<sup>8</sup>Potencia superior: es la potencia calorífica de entrada que necesita el aparato para su utilización. [19]



Figura 1.22: Cocina a gas analizada de modelo Valencia de marca Indurama.

### 1.2.3.2. Potencia Calorífica de Entrada

Para determinar la potencia calorífica de entrada se utilizó la siguiente fórmula:

$$Ps = Qm \times Hs \quad (1.16)$$

Donde:

Ps= es la potencia calorífica de entrada.

Qm= es el caudal másico del GLP entrante al aparato (Kg/h).

Hs: es el poder calorífico superior del GLP (en este caso butano comercial) este valor es  $13,83 \frac{kwh}{kg}$ .

Debido a que se obtuvo un caudal volumétrico se debe pasar a un caudal másico con la siguiente fórmula:

$$Qm = Qv \times \rho g \quad (1.17)$$

Donde:

$\rho g$  =es la densidad del GLP en fase gaseosa.(Kg/m<sup>3</sup>).

Qv =es el caudal del GLP entrante al aparato. (m<sup>3</sup>/h).

Para el caso de la ciudad de Cuenca según la subsección 1.2.1.7 la densidad del GLP butano comercial es:  $\rho g = 1,55 \frac{kg}{m^3}$



Figura 1.23: Características cocina a gas analizada de modelo Valencia; marca Indurama.



Figura 1.24: Gasómetro utilizado en la prueba; marca Metrex.

### 1.2.3.3. Potencia Calorífica de Entrada en las hornillas

En la tabla 1.9 se observa la potencia calorífica de entrada para la hornilla 1 cocinando distintos alimentos. Tómese en cuenta que estos datos fueron obtenidos con la válvula de la hornilla 1 en la posición al máximo.

Con la ayuda de estos datos se calculó una media de potencia de entrada de 2,688 Kw, y un caudal de glp de 2,09 lt/min.

Se hizo las mismas pruebas para las hornillas 2, 3 y 4; entonces los datos medios fueron como se muestra en la tabla 1.10.

Estos datos de potencia de entrada se obtuvieron de cada hornilla funcionando por separado; porque si existe una combinación es decir por ejemplo: si funcionan la hornilla 2 con la 3 no se suman los caudales, ni tampoco las potencias de entrada individuales; es decir los valores son diferentes. En la tabla 1.11 se pueden observar algunas combinaciones en el uso de las hornillas.

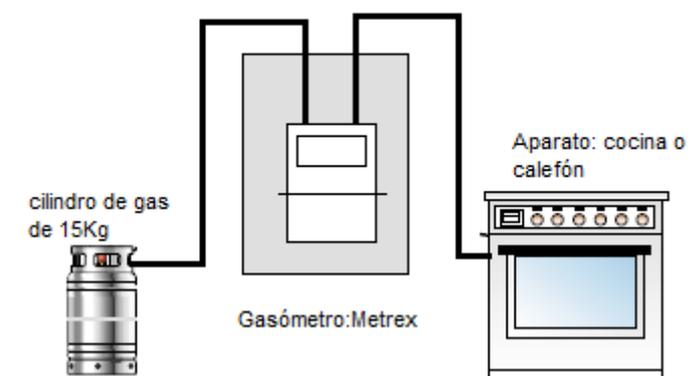


Figura 1.25: Diagrama de conexión del gasómetro.

Alimento	Duración (min)	Litros consumidos de GLP	Caudal (lt/min)	Potencia superior de entrada (Kw)
desayuno 1	4	9	2,25	2,894
sopa de cabello de ángel	30,87	63	2,04	2,625
calentado	4,2	10	2,38	3,062
arroz	25,9	50	1,93	2,483
huevo frito	2	4	2	2,572
carne frita	10,8333	21	1,94	2,493

Cuadro 1.9: Potencia calorífica de entrada con cocción de varios alimentos.

### 1.3. Funcionamiento y características del calefón eléctrico o termotanque eléctrico.

#### 1.3.1. Funcionamiento del Termotanque eléctrico

El calefón eléctrico proporciona calor ya que al circular una corriente eléctrica por una resistencia eléctrica hará que exista una energía cinética de los electrones que chocarán con el material por el cual esta compuesto la resistencia y se liberará energía en forma de calor, ya que la resistencia estará alojada en el interior del tanque, entonces el agua se calentará por la potencia disipada de calor emanada por la resistencia, este proceso es automático y es encargado de mantener el calor ya que la resistencia estará conduciendo calor solo si esta dentro de un rango de temperaturas, su potencia varía según la capacidad de reserva o volumen de agua caliente. En la figura 1.27 se puede observar un termotanque convencional.



Figura 1.26: Identificación de las hornillas.

Hornilla	Caudal (lt/min)	Potencia de calorífica de entrada (Kw)
4	0,5	0,643
3	0,7	0,901
2	1,145	1,473
1	2,09	2,688

Cuadro 1.10: Potencia calorífica de entrada con cocción de varios alimentos.

### 1.3.1.1. Diagrama eléctrico del termotanque

En la figura 1.28 se puede observar el circuito que permite el funcionamiento del termotanque.

### 1.3.2. Calefón Eléctrico de Paso Eco Smart

Su funcionamiento es muy parecido a un termotanque convencional solo que se activará el elemento intercambiador de calor cada vez que se lo requiera, esto quiere decir que ahorrará energía ya que consumirá energía cada vez que se lo requiere a diferencia del termotanque que mantiene el agua caliente en su depósito y posee un sistema inteligente para el ahorro de energía es decir que consuma energía dependiendo de la temperatura deseada. En la figura 1.29 se puede observar las partes principales de este calefón.

Hornillas funcionando a la vez	Caudal (lt/min)	Potencia de calorífica de entrada (Kw)
2,3	1,63	2,090
1,2,3	2,76	3,555
1,2,3,4	3,92	5,038

Cuadro 1.11: Potencia calorífica de entrada con cocción de varios alimentos.

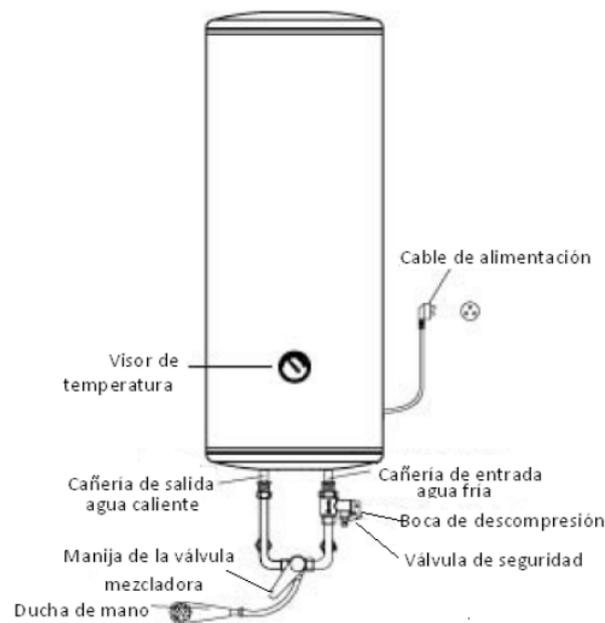


Figura 1.27: Termotanque convencional. [22]

### 1.3.2.1. Características Eléctricas del calefón Eléctrico Ecosmart

En la figura 1.30 se muestra las especificaciones técnicas del producto, en la ciudad de Cuenca se comercializa el Eco Smart 11. Obsérvese que el Eco 11 tiene una demanda eléctrica de 11,8 Kw lo que significa que solo para el funcionamiento del producto se necesita de la instalación de un transformador privado, ya que supera los 10 KVA.

## 1.4. Funcionamiento y características del calefón a gas

### 1.4.1. Funcionamiento

El funcionamiento del calefón a gas consiste en la transformación de energía química a energía térmica, para esto necesita de los 3 elementos necesarios para la combustión en este caso el comburente es el aire, el combustible el glp, y la energía de activación es la chispa eléctrica. El calefón utilizado en este análisis es de marca

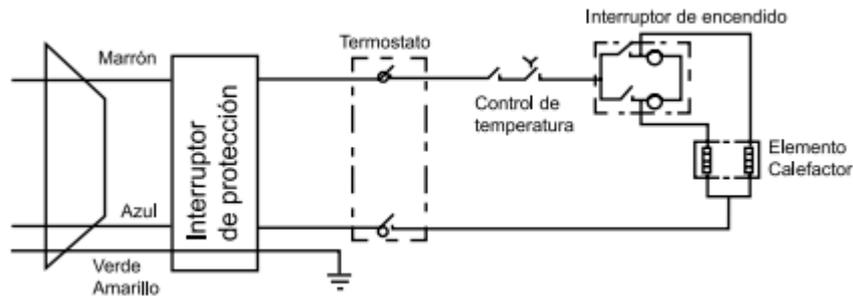


Figura 1.28: Circuito de funcionamiento del termostato convencional. [22]

Instamatic de capacidad para 20 litros y se muestra en la figura 1.31.

Para que empiece a calentar se requiere de un sensor de caudal el mismo que se encargará de activar a la pila para producir la energía de activación además de accionar la válvula de glp, la combustión se producirá en el quemador el mismo que aumentará o disminuirá la llama de acuerdo al ajuste de gas o ajuste de temperatura; el serpentín es el intercambiador de calor que se encargará de intercambiar la temperatura del quemador con la del agua para que la salida de la tubería a calentar sea de agua caliente, cuando exista la ausencia de flujo de agua de ingreso, la válvula de gas se cerrará y el proceso se repetirá si existe otra solicitud de agua caliente.

Para identificar las partes de un calefón a gas se debe observar la figura 1.32 .

### 1.4.2. Características

El calefón a gas a analizar es el Instamatic de capacidad de agua caliente según el fabricante de 20 litros; para analizar más detalles de Potencia de Ingreso se realizó el siguiente análisis.

**Análisis de Potencia de Entrada, Salida y Eficiencia** Para analizar la potencia de entrada y de salida emanado por el calefón se necesito de los siguientes materiales:

Este análisis consistió en seleccionar una temperatura del agua en el calefón (véase la figura 1.33 ), y proceder a obtener datos mediante el recipiente, el agua que se ha producido durante 1 minuto, su temperatura, el tiempo que se ha utilizado.

### 1.4.3. Potencia Calorífica de Entrada para Calefón

Para hallar la potencia calorífica de entrada se analizará con las fórmulas de la sección 1.2.3.2.



Figura 1.29: Partes de un calentador eléctrico ecosmart. [12]

#### 1.4.4. Potencia de Salida

Para hallar la potencia de salida primero se citará la fórmula de energía:

$$Q = \text{magua} \times Ce \times \Delta T \quad (1.18)$$

Donde:

$Q$  =es la cantidad de calor (Kwh).<sup>9</sup>

$\text{magua}$  =es el caudal del agua que sale de la ducha ( Kg)

$Ce$ : es el calor específico del agua(Kwh/860 Kg °C).<sup>10</sup>

$\Delta t$ : es el valor diferencial de temperatura= temperatura final-temperatura inicial.

Dividiendo para el tiempo la ecuación 1.18 se obtiene:

$$\frac{Q}{t} = \frac{\text{magua}}{t} \times Ce \times \Delta t \quad (1.19)$$

<sup>9</sup>“ $Q$ : es la cantidad de energía medible. Por ejemplo para elevar la temperatura de un cuerpo es necesario aportar una cantidad de energía calorífica, que irá creciendo proporcionalmente al número de grados que deseemos alcanzar.”[18]

<sup>10</sup>“El calor específico es una magnitud física que se define como la cantidad de calor que hay que suministrar a la unidad de masa de una sustancia o sistema termodinámico para elevar su temperatura en una unidad. En general, el valor del calor específico depende del valor de la temperatura inicial.”[24]

MODELS	ECO 6	ECO 8	ECO 11
VOLTS / SINGLE PHASE	220/240	220/240	220/240
KW	6.0/7.3	7.3/8.0	11.8/13.5
ELEMENTS	1	1	2
AMPERAGE DRAW	27/30	27/30	54/57
REQUIRED BREAKER	30 DP	40 DP	60 DP
REQUIRED WIRE	8 AWG	8 AWG	6 AWG
HZ	50/60	50/60	50/60
PIPE FITTINGS	1/2" NPT	1/2" NPT	1/2" CF
DIMENSIONS	12" x 9.5" x 4"	12" x 9.5" x 4"	12" x 9.5" x 4"
WEIGHT LBS	4.75	4.75	6
EXCHANGER	S/STEEL	S/STEEL	S/STEEL
PROTECTION	THERMAL AUTO	THERMAL AUTO	THERMAL AUTO
ACTIVATION FLOW	0.25	0.25	0.25
ENERGY EFFICIENCY	99.8	99.8	99.8
CERTIFICATIONS	UL/CSA	UL/CSA	UL/CSA
WARRANTY	L/LIFETIME	L/LIFETIME	L/LIFETIME

Figura 1.30: Especificaciones técnicas de los calentadores eco smart 6,8,11. [12]

Materiales utilizados para el análisis
un recipiente con medida de litros
un caudalímetro marca Metrex
Calefón a gas marca Instantamatic cap. 20lts
cilindro de gas de uso doméstico 15kg
tubería para instalaciones a gas; abrazaderas
válvula a gas
termómetro de mercurio
cronómetro digital

Cuadro 1.12: Materiales utilizados para el análisis.

Donde:

$Q/t$ : es la potencia útil o de salida generada por el calentamiento de agua. (Kw)

$magua/t$ : es el flujo másico o el caudal másico. (Kg/h)

$Ce$ : es el calor específico del agua (Kwh/860 Kg °C).

$\Delta t$ : es el valor diferencial de temperatura= temperatura final-temperatura inicial.

A continuación en la tabla 1.13 se mostrará los datos obtenidos en este análisis. Para el cálculo como Temperatura ambiente inicial se tomó 18°C.

**Conclusiones de análisis de Eficiencia Calefón** Como se ve en el cuadro 1.13, desde la selección 3, el calefón baja su eficiencia y esto se debe principalmente a que el caudal del agua no puede aumentar; esto debido a que se debería aumentar la sección



Figura 1.31: Calefón Instamatic analizado.

Selección	Caudal	Caudal	Temperatura	Potencia de	Potencia de	Eficiencia
	GLP (lt/min)	agua (lt/min)	agua caliente (°C)	salida (Kw)	entrada (Kw)	
0	9,72	5	38	6,98	12,494	55,84%
1	12,667	6,941	40	10,654	16,29	65,39%
2	16,7	8,54	43	14,90	21,48	69,34%
3	19,73	8,54	45	16,09	25,7	62,3%
4	19,73	8,54	45	16,09	25,7	62,3%

Cuadro 1.13: Datos obtenidos en el análisis.

de la tubería para que ingrese más flujo de agua, también obsérvese que la selección 3 y 4 poseen iguales valores; debido a que al variar de la una a la otra no existe gran apertura de la válvula principal (véase la figura 1.34) que permitirá el paso de GLP, o solo puede soportar hasta éste caudal.

## 1.5. Funcionamiento y Características de la Ducha Eléctrica

La ducha eléctrica es un aparato que para su funcionamiento necesita de una resistencia eléctrica (niquelina), la misma que al paso de la corriente eléctrica disipará potencia en forma de Calor. Para que se active esta niquelina el equipo dispone de un

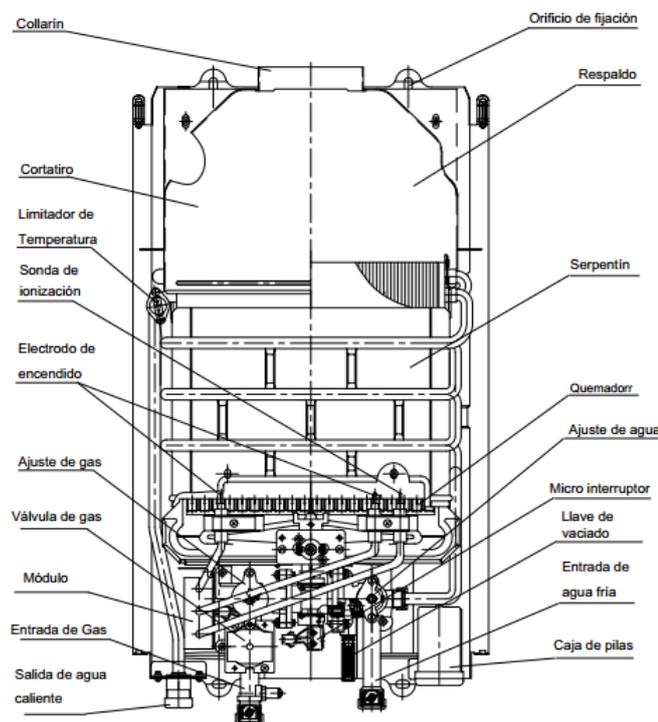


Figura 1.32: Partes de un calefón a gas. [4].

contacto; el mismo que se activa a través de un diafragma que se mecaniza al pasar flujo de agua por él; si no existe un adecuado de flujo de agua el diagrama no se mecaniza. En la figura 1.35 se muestra el mecanismo de activación.

### 1.5.1. Partes de la ducha eléctrica

En la figura 1.36 se muestra las partes principales de una ducha eléctrica.

### 1.5.2. Características de la Ducha Eléctrica

La ducha eléctrica analizada en este trabajo es la Ducha Lorenzetti Maxi; su voltaje nominal es de 110-127v ; su potencia demandada es en nivel de calentamiento medio 4000W, y como nivel de calentamiento máximo 5500W ; como Intensidad nominal es de 50 A esto quiere decir que se requiere un cable #6 AGW de  $10\text{mm}^2$  de sección en la figura 1.37 se puede observar la ducha analizada.

### 1.5.3. Eficiencia

Para hallar la eficiencia en primera instancia es necesario conocer la energía eléctrica consumida de entrada; como se analizará más adelante en el capítulo 2 el uso

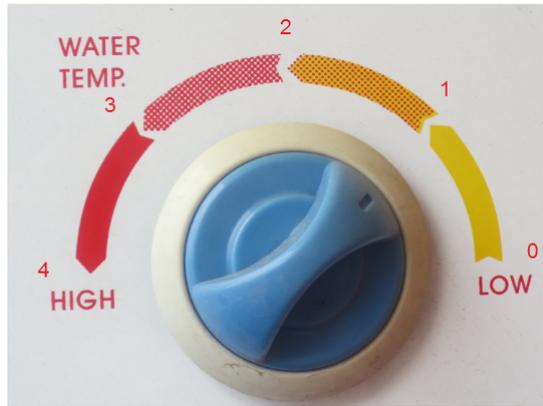


Figura 1.33: Selección de temperatura en el calefón analizado.



Figura 1.34: Válvula principal para el calefón analizado.

común en el hogar en una ducha es de 12 minutos de duración; durante este tiempo mediante el registrador de energía se pudo determinar la energía consumida por la ducha eléctrica que fue de 0,683 kwh, la ducha calentó de una temperatura inicial del agua a 18°C a 40 °C y una caudal de agua a 1,6 lt/min (en este caso solo se abrió la llave de agua caliente un 20 % porque la ducha ya no puede calentar más flujo de agua). Para hallar la energía útil utilizada en el agua caliente, se utilizará la fórmula 1.19. Pero analizando la ecuación es necesario hallar la masa de agua correspondiente a 1,6 litros de volumen, se debe aplicar la fórmula:

$$d = \frac{m}{v} \quad (1.20)$$

Donde:

d: es la densidad del líquido para el caso del agua es (1000kg/m<sup>3</sup>).

m: es la masa del líquido comprendida en un recipiente (Kg).



Figura 1.35: Mecanismo de activación diafragma de ducha eléctrica.[28]

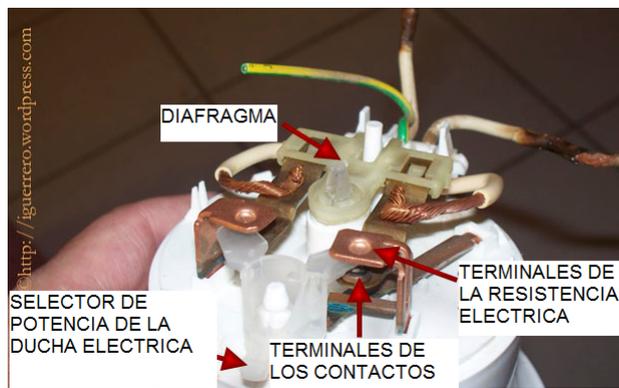


Figura 1.36: Partes principales de una ducha eléctrica.[28]

$v$ : es el volumen de líquido ( $m^3$ ).

entonces reemplazando los datos obtenidos se tiene:

$$m = 1000 \frac{kg}{m^3} \times 1,6lt \times \frac{1m^3}{1000lt} = 1,6Kg$$

esto quiere decir que en un volumen de 1,6 litros de agua se tienen 1,6 kg de masa ahora reemplazando en la fórmula de cantidad de calor se tiene:

$$P = 1,6 \frac{kg}{min} \times \frac{60min}{1h} \times \frac{Kwh}{860Kg^{\circ}C} \times (40 - 18)^{\circ}C = 2,45518Kwh$$

La energía útil será el resultado de la potencia útil por el tiempo de duchado que para este caso es de 12 minutos.

$$E = P \times t = 2,45518Kwh \times 12min \times \frac{1h}{60min} = 0,491162Kwh$$

La eficiencia de la ducha eléctrica analizada será:



Figura 1.37: Ducha analizada maxi lorenzetti.

$$\eta = \frac{\text{Energíadesalida}}{\text{Energíadeentrada}} \times 100\% = \frac{0,491162kwh}{0,683kwh} \times 100\% = 72\%$$

## Capítulo 2

# DISEÑO ELÉCTRICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA COCINA DE INDUCCIÓN Y SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA ACS.<sup>1</sup>

### 2.1. Caracterización de la demanda existente

Para identificar la demanda eléctrica existente, se ha tomado un usuario categoría D como vivienda típica que es un departamento con 2 dormitorios debido a que la mayoría de familias en la ciudad de Cuenca según el Censo del 2010 del INEC<sup>2</sup> tienen un promedio de 1,6 hijos por familia [1]. En la figura 2.1 se puede observar la demanda existente tomada el día 22 de Octubre del 2014 de un usuario residencial mencionado mas adelante en 2.2.1 para dar detalles de los circuitos de iluminación y fuerza existentes se debe observar el apéndice A, Hoja 1 y 2.

#### 2.1.1. Tipos de abonados según área de construcción

Para identificar el tipo de abonado categoría D en la figura se podrá diferenciar cada tipo de abonado según su área de construcción.

---

<sup>1</sup>SISTEMAS ELÉCTRICOS PARA ACS: son sistemas eléctricos como por ejemplo la ducha y el calefón eléctrico que pueden ser útiles para servicios de agua caliente sanitaria como baños calientes, lavado de platos, etc.

<sup>2</sup>INEC: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador.

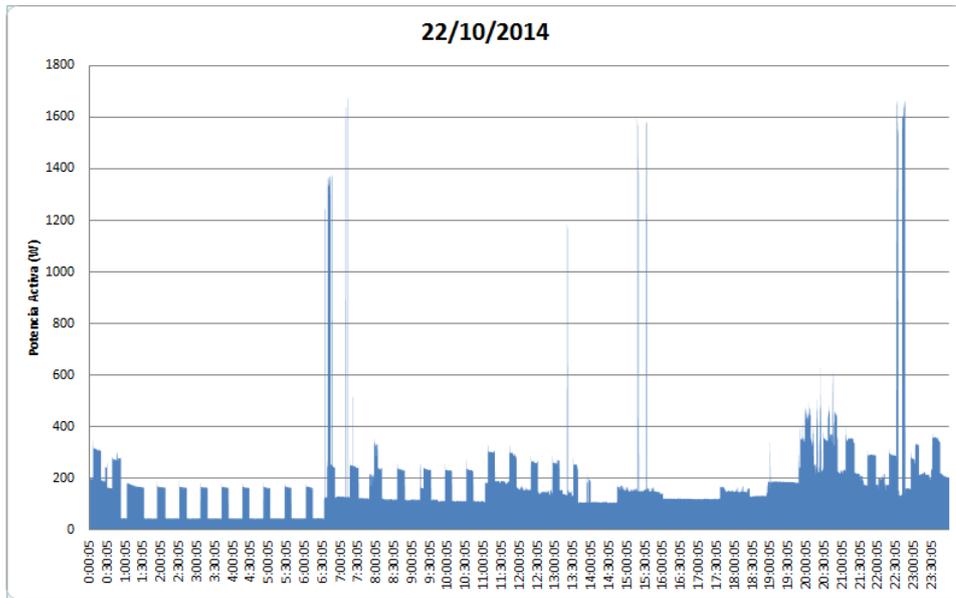


Figura 2.1: Demanda existente del usuario categoría D analizado.

	ÁREA PROMEDIO POR LOTES [M <sup>2</sup> ]	ABONADO
<b>SECTOR URBANO</b>	A>400	A
	300<a<400	B
	200<A<300	C
	100<A<200	D
	A<100	E
<b>SECTOR RURAL</b>	<b>SECTOR</b>	<b>ABONADO</b>
	Periferia de la ciudad	F
	Centro parroquial Rural	G H

Figura 2.2: Categorías de los abonados según el área promedio de construcción. Fuente: Centrosur.

## 2.2. Diseño Eléctrico para la Cocina de Inducción y Sistemas ACS.

Para el caso de los Diseños Eléctricos, se deberá considerar la existencia de los siguientes parámetros:

- Antecedentes: en el mismo se indica las instalaciones eléctricas existentes, la dirección de abonado con su nombre, el área de construcción y se darán a conocer las cargas que se quieren implementar.
- Consideraciones para el diseño

- Carga Instalada: según los circuitos de iluminación máximo 1800 w y circuito de fuerza máximo 2000 w se procederá a calcular la demanda diversificada para ello de la carga instalada para cada circuito se considerará si es de fuerza un factor de simultaneidad de 0,35; si es de iluminación se considerará un factor de 0,7 y si es un circuito especial se considerará un factor de 1. Luego de hacer la sumas individuales de demandas diversificadas se obtiene una total la misma que se multiplicará por el factor de demanda 0,7 luego se procederá a dividir para un factor de potencia de 0,9 y así se tendrá una demanda diversificada total en KVA necesaria para un conocer el dimensionamiento de un transformador si dicha carga supera los 10 KVA.
- Sistema de Redes: se especificará como está compuesta la red del circuito principal en la acometida, por ejemplo 2 fases 3 conductores (2F3C).
- Niveles de Voltaje: se especificará los niveles de voltaje en la edificación a proyectar, por ejemplo: 220/127v.
- Sistema de Medición: se especificará el sistema de red del medidor de energía, por ejemplo: medidor bifásico de 2F3C.
- Descripción del Diseño
- Determinación de la demanda total: según el cuadro obtenido en la carga instalada se dimensiona la demanda diversificada total la misma que si supera los 10KVA, es necesario colocar un transformador que abastezca dicha carga. Además se dará una breve descripción de como se obtuvo la demanda diversificada total, considerando los factores de demanda y de diversidad para cada circuito.
- Acometida principal en baja tensión: se dará una breve descripción de cuál será el calibre del conductor, que tipo, de que poste se brindará el servicio eléctrico, de que transformador se brindará el servicio.
- Sistema de Medición: se indicará las protecciones alojadas en el tablero general, el tipo de varilla para la puesta a tierra y especificaciones generales del tablero.
- Sistema de Distribución Proyectado: se indicarán los calibres de los conductores de cada circuito y del tablero general al tablero de distribución.
- Circuitos de iluminación y fuerza: se especificarán los circuitos de iluminación y fuerza, su potencia, su calibre.

- Protecciones: se indicarán las protecciones termomagnéticas en Amperios para cada circuito de iluminación, tomas o fuerza.
- Sistema de Tierra: se especificará como se conectará el sistema de tierra interno y los calibres de tierra para los circuitos especiales y tomas que lo requieren.
- Materiales y recomendaciones generales de construcción: se especificarán los materiales utilizados en la construcción, con su respectiva normativa.
- Cálculo de la caída de tensión externa: se especificará la caída de tensión externa desde el transformador hasta el tablero general.
- Cálculo de la caída de tensión interna: se especificará la caída de tensión interna a todos los circuitos desde el tablero general al tablero de distribución.

Los mismos que deberán estar debidamente desglosados; a continuación se presentará el ejemplo analizado.

### **2.2.1. Antecedentes**

El departamento del Sr. Darío Urgilés en el cual se quiere implantar la cocina de inducción y ducha eléctrica se encuentra ubicado en las calles Guapdongelig 6-101 y Eloy Alfaro el departamento se ubica en la tercera planta alta y tiene una área aproximada de construcción de 150 metros cuadrados.

Actualmente en el departamento existen instalaciones eléctricas de fuerza e iluminación pero en el presente estudio se analizará la carga incrementada por la cocina de inducción y se conocerá si se necesita de transformador privado o dicha carga supera los 10 KVA. En la figura 2.3 se puede observar la demanda diversificada total existente.

### **2.2.2. Consideraciones para el Diseño**

#### **2.2.2.1. Carga Instalada**

De la inspección realizada en el departamento; se describe en el cuadro la carga monofásica (ducha eléctrica) y la carga bifásica (cocina de inducción), no calefón eléctrico ya que posee una demanda eléctrica de 11Kw y es necesario en este caso considerar el montaje de un transformador privado (véase subsección 1.3.2.1), que se instalarán en el sitio antes mencionado. En base a éstas cargas instaladas y tomando

TABLERO TD4 EXISTENTE										
Tablero	Local	Circuito	Descripción	Fase	Cantidad	Tipo de Carga	Potencia	Carga Instalada [W]	Factor de Diversificación	Demanda Diversificada [W]
TD4e	Departamento 3	3	Iluminación	A	10	Incandescente	100 W	1000	0,7	700
TD4e		4	Fuerza	B	10	No definida	200 W	2000	0,35	700
								<b>Total Carga Instalada</b>	[W]	<b>3000</b>
								<b>Demanda Diversificada vivienda</b>	[W]	<b>1400</b>
								Demanda Diversificada vivienda	[W]	1400
								Factor de demanda		0,7
								<b>Demanda Diversificada Total:</b>	[W]	<b>980</b>
								Factor de Potencia		0,9
								<b>Demanda Diversificada Total:</b>	[KVA]	<b>1,09</b>

Figura 2.3: Demanda diversificada Total existente para el abonado categoría D analizado.

en consideración la secuencia de operación, se procederá a calcular la demanda diversificada total, la misma que se desarrolla en la figura 2.4. Para observar cada circuito (véase Apéndice A, Hoja 1 y 2)

TABLERO TD4 EXISTENTE Y PROYECTADO										
Tablero	Local	Circuito	Descripción	Fase	Cantidad	Tipo de Carga	Potencia	Carga Instalada [W]	Factor de Diversificación	Demanda Diversificada [W]
TD4p	Departamento 3	1	Especial	A-B	1	Cocina de Inducción	5800 W	5800	1	5800
TD4p		2	Especial	A	1	Ducha Eléctrica	5000 W	5000	1	5000
TD4e		3	Iluminación	A	10	Incandescente	100 W	1000	0,7	700
TD4e		4	Fuerza	B	10	No definida	200 W	2000	0,35	700
								<b>Total Carga Instalada</b>	[W]	<b>13800</b>
								<b>Demanda Diversificada vivienda</b>	[W]	<b>12200</b>
								Demanda Diversificada vivienda	[W]	12200
								Factor de demanda		0,7
								<b>Demanda Diversificada Total:</b>	[W]	<b>8540</b>
								Factor de Potencia		0,9
								<b>Demanda Diversificada Total:</b>	[KVA]	<b>9,49</b>

Figura 2.4: Cuadro de Carga instalada para TD4 existente y proyectado.

### 2.2.2.2. Sistema de Redes

La cocina de inducción es un aparato eléctrico que necesita de un voltaje a 220 V, en la red existente en baja tensión existe un sistema trifásico a 4 hilos, por lo cual se necesitará de un sistema 2F2C exclusivo para la cocina de inducción; en el caso de

la ducha eléctrica este aparato necesita un voltaje monofásico a 110 V-127 V; esto quiere decir que el sistema general debe ser a 2F3C. Si existe un sistema existente en baja tensión de un sistema monofásico a 3 hilos si se podría implementar la cocina a ese sistema.

### **2.2.2.3. Niveles de Voltaje**

El nivel de voltaje al interior del departamento será de 220/127V.

### **2.2.2.4. Sistema de Medición**

Se implementará un sistema de medición de energía activa con un medidor 2F3C para el uso exclusivo del departamento (debido a la inclusión de la cocina de inducción), el mismo que se alojará dentro de un tablero metálico normalizado para el uso antes indicado.

## **2.2.3. Descripción del Diseño**

### **2.2.3.1. Determinación de la Demanda Total**

La carga instalada, según el detalle de la figura 2.4, alcanza a los 13,8 Kw considerando un factor de demanda de 0,7 la demanda diversificada de los diferentes circuitos en Kw alcanza 8,54Kw; considerando un factor de potencia de 0.9, la demanda diversificada en KVA será de 9,49 KVA. Los Factores de Coincidencia para ambas cargas especiales inicialmente asumimos como unitarias; para la carga de iluminación consideramos 0,7 y para fuerza 0,35.

### **2.2.3.2. Acometida principal en Baja Tensión**

Para atender la demanda eléctrica de 9,49KVA la E.E.R.C.S.<sup>3</sup> deberá instalar una acometida con cable Cuadriples de Aluminio tipo ASC, calibre 6 AWG. Esta acometida tendrá una longitud aproximada de 20 m., desde su punto de arranque ubicado en el poste existente con número 521328, hasta el tubo aislador que se encuentra ubicado junto al tablero general de medición.

La acometida principal en baja tensión se tomará directamente de las redes de distribución de la E.E.R.C.S., las mismas que están servidas por un transformador trifásico de 50 KVA, Número 6447; ubicado a unos 87 metros del sitio en mención. Cada una de las fases de la red de baja tensión de la E.E.R.C.S.C.A., está formada

---

<sup>3</sup>E.E.R.C.S: Son las siglas de la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur.

por conductores de Aluminio desnudo cableado, tipo ACSR, calibre 2 AWG. (véase Apéndice A, Hoja 3).

#### **2.2.3.3. Sistema de Medición.**

En el tablero de medición metálico existente alojará en su interior a un medidor de Energía Activa proyectado, bifásico a tres hilos; en reemplazo al monofásico existente como protección a la entrada se colocarán 3 fusibles NH de 63A. y a la salida se colocarán interruptores termomagnéticos de 40 A. cada uno, a fin de proteger a los conductores que darán servicio al tablero de distribución. El tablero de medición esta actualmente ubicado en el interior del garaje el mismo que frontalmente da a la calle Guapdondélig, a una altura no mayor de 1.8 m. del nivel del suelo, según normas de la E.E.R.C.S.

Junto al tablero de medición se recomienda instalar una varilla Copperweld, de 5/8" de diámetro por 1,8 m. de longitud para el aterramiento del neutro, con el fin de conseguir un mejor equilibrio de voltaje, evitar el retorno de corriente por el neutro de la acometida y brindar una posible conexión a tierra para equipos que lo requieran.

La instalación y posterior energización del contador bifásico a proyectar del presente estudio, lo realizará la E.E.R.C.S. acorde a las normas establecidas previo contrato.

#### **2.2.3.4. Sistema de Distribución Proyectado.**

Desde el tablero de medición arrancarán con su respectiva protección los alimentadores hacia el tablero de distribución TD4; y, desde éste, partirá a los ramales en baja tensión independientes los mismos que darán servicio a los diferentes circuitos secundarios del departamento. Los conductores a utilizarse para alimentar a los tableros de distribución serán de cobre, con aislamiento tipo TW y de los calibres especificados en el diagrama unifilar del plano de diseño (Apéndice A, Hoja 3).

Los tableros de distribución serán metálicos, tipo convencional, montados a 1.5 m. del suelo, dentro del cual se alojarán los interruptores termomagnéticos para la protección de cada uno de los circuitos secundarios proyectados.

#### **2.2.3.5. Circuitos de Iluminación y Fuerza.**

Los circuitos de iluminación (3) y fuerza (4) existentes no se cambiarán, mas no los circuitos de fuerza (1) y (2) para la cocina de inducción y ducha eléctrica que serán proyectados en la edificación, estos serán independientes unos de otros a fin de garantizar una protección adecuada de los mismos, el arreglo para el circuito de fuerza bifásico 1 (cocina de inducción) será 2x8+14 esto debido a que el fabricante

recomienda este calibre pero se podría usar otro calibre dependiendo de la caída de tensión (véase subsección 2.2.6.1 ), del circuito de fuerza monofásico 2 (ducha eléctrica) será 1x8(8), (véase Apéndice A, Hoja 3).

#### **2.2.3.6. Protecciones.**

En el tablero de distribución 4 para el circuito de fuerza (1) cocina de inducción la protección se la realiza con un interruptor termomagnético bipolar de 32 A y para el circuito (2) ducha eléctrica la protección se lo realiza con un interruptor termomagnético monopolar de 40 A. Los demás circuitos (3) y (4) existentes ya están protegidos con interruptores monopolares de 15 y 20 A (véase Apéndice A, Hoja 3).

#### **2.2.3.7. Sistema de puesta a tierra para la cocina de inducción y ducha eléctrica.**

La cocina requiere de puesta a tierra la misma que se conectará a la Tierra del Tablero de Distribución (TD) mediante cable de cobre de calibre # 14 ó en el caso de que no exista tierra en el TD, se conectará con el mismo cable a la Tierra del Tablero de Medición (TM), es decir no se permite una Tierra Independiente esto por disposición de E.E.R.C.S.

La toma de tierra del tablero general existente tiene una varilla copperweld (cobre de alta camada), de 1.8 metros.

#### **2.2.4. Materiales a emplearse y recomendaciones generales de construcción:**

Para esta subsección se ha tomado las disposiciones generales de la Empresa Eléctrica Centrosur con el tema: “INSTRUCTIVO PARA CALIFICACIÓN DE ELECTRICISTAS PARA LA EJECUCIÓN DE INSTALACIONES DEL CIRCUITO EX-PRESO PARA LAS COCINAS DE INDUCCIÓN” el mismo que se puede observar en el apéndice B.

#### **2.2.5. Cálculo de la Caída de Tensión**

#### **2.2.6. Cálculo de la caída de tensión externa**

Todo este cálculo esta tomado según la normativa de cálculo de caída de tensión realizado en la tesis “Criterios de diseño y normas para sistemas de distribución para la presentación, revisión y recepción de obras ejecutadas por ingenieros y compañías

eléctricas en libre ejercicio aplicados a la Empresa Eléctrica Regional Centrosur C. A.” que esta mostrado en el apéndice C.

Aplicando todos estos criterios la tabla generada se muestra en la figura 2.5.

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A.												
DIRECCION DE DISTRIBUCION												
DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 3												
CALCULO DE CAIDA DE TENSION (B.T. Existente)												
LOCALIDAD: MERCADO 12 DE ABRIL / CAÑARIBAMBA												
TIPO DE OBRA: <input type="checkbox"/> Mejora Urbana												
Tipo de Conductor: <input type="checkbox"/> ACSR												
Red de B.T.: <input type="checkbox"/> 3F												
CATEGORIA: <input type="checkbox"/> D												
Diseñado por: DARIO TELLO												
Fecha: 11-dic-14												
REF. TRANSFORMADOR T-1: 4776												
VOLTAJE SECUNDARIO: 220 / 127 V												
POT. NOMINAL (KVA): 50												
ESQUEMA: Remitirse al plano de redes existentes												
El transformador está en el poste: P1												
TRAMO	Longit. [m]	N° ABON.	Al.Púb. (W)	CARGA [kva]	CONDUCTOR			kva x m	CAIDA DE TENSION			
Inicio	Fin				N° fases	AWG	F.D.V.		PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS	
P1	P2	32	36	1,250	36,93	3	2	427	1182	2,77	2,77	
P2	P3	21	17	500	18,50	3	2	427	389	0,91	3,68	
P3	P4	38	14	250	15,31	3	2	427	582	1,36	5,04	5,04
P1	P2	32	36	1,250	36,93	3	2	427	1182	2,77	2,77	
P2	P5	30	7	500	8,58	3	2	427	257	0,60	3,37	
P5	P6	22	0	250	0,29	2	4	198	6	0,03	3,40	3,40
P1	P14	7	0	250	0,29	1	4	50	2	0,04	0,04	0,04
P1	P7	43	59	1,750	57,65	3	2	427	2479	5,81	5,81	
P7	P8	21	11	1,000	13,23	3	2	427	278	0,65	6,46	
P8	P9	23	10	750	11,94	3	2	427	275	0,64	7,10	
P9	P10	35	0	250	0,29	2	4	198	10	0,05	7,15	7,15
P9	P11	26	0	250	0,29	2	4	198	8	0,04	7,14	7,14
P7	P12	44	32	500	32,45	3	2	427	1428	3,34	9,15	
P12	P13	41	21	250	22,01	3	2	427	902	2,11	11,26	11,26
Resumen de Conductor: (Incluye el 1.5 % de Desperdicio) considera el Neutro, un calibre menos que la Fase												
3/0 = 0    2/0 = 0    1/0 = 0    2 = 990    4 = 505    8 Cu = 0												
Longitud de red de B.T.: 415 metros												
NOTAS:												
DV Máx: 11,26												

Figura 2.5: Caída de tensión externa existente para el abonado categoría D analizado.

Como se puede ver en la tabla 2.5 la caída de tensión existente supera el 11,26 % por lo que sería necesaria repotenciar la red existente y mas aún al considerar el uso de todos los abonados con la cocina de inducción en todo el tramo; para ello la Empresa Eléctrica Regional Centro Sur ha entregado unos nuevos valores de demandas de diseño para cada tipo de abonado, esta tabla se muestra en el apéndice D.4. Para observar el plano de red existente véase el Apéndice A, Hoja 4.

Para hallar el dimensionamiento del transformador a proyectar se debe recurrir a la siguiente fórmula:

$$DT = DD \times FC \quad (2.1)$$

Donde:

DT: es la potencia en KVA del transformador a instalar.

FC: es el factor de sobrecarga del transformador, para abonados tipo D es 0,7.

DD: es la demanda de diseño (KVA).

Para hallar la demanda de diseño se debe recurrir a la siguiente fórmula:

$$DD = DMp + AP + CE \quad (2.2)$$

Donde:

DMp: es la demanda máxima proyectada para un periodo de 10 años (KVA).

AP: es la carga total de alumbrado público (KVA).

CE: son las cargas especiales a instalarse (KVA).

Para hallar la demanda máxima proyectada se debe recurrir a la siguiente fórmula:

$$DMp = DMup \times N \times FC \quad (2.3)$$

Donde:

DMup: es la demanda máxima unitaria proyectada para un periodo de 10 años (KVA). Según el apéndice D.4 para un abonado tipo D es 3,08 KVA.

N: es el número total de abonados.

FC: es el factor de coincidencia y es igual a  $FC = N^{-0,0944}$ .

Aplicando las fórmulas anteriores al considerar las cocinas de inducción en toda la red sería necesario dividir el circuito existente en 2; para que un circuito se alimente desde un transformador de 100 KVA dando el servicio a 49 abonados además de la carga proyectada y el segundo circuito se alimente de un transformador de 100 KVA con 51 abonados. Para observar el plano de red proyectada véase el Apéndice A, Hoja 5.



Descripción	UNIDADES	
Abrazadera U de varilla, di. 16 mm. Tuercas y arandelas	U.	2
Base para fusible tipo cuch. Un polo, 250 A. con tor.	U.	3
Caja hierro tool, para fusibles NH 2 postes.	U.	1
Conductor de cobre aislado cableado tipo TW 250.	M.	10
Conductor de cobre desnudo cableado 2	M.	13
Conector de línea energizada, 4/0-6.deriv.4/0-6	U.	3
Conector perno hendido para Cu/Al rango 2-250	U.	8
Cruceta de madera tratada, perforada de 2m	U.	1
Fusible tipo cuchilla, tamaño Din 1, 250A, 600V.	U.	3
Perfil L de hierro galv. De 75x75x6x2000mm.	U.	2
Perno rosca corrida, 4 tuer. Y arandela 16x460mm	U.	4
Seccionador fusible tipo abierto, 15/27 KV, 100A.	U.	3
Pararrayo autoválvula, calse distribución 18 KV.	U.	3
Terminal plano un hueco Al/Cu rango 6-350(KA31U)	U.	6
Tirafusible tipo H, con cabeza roscada, de 5A.	U.	3
Tranform. Trifá.convenc.DYn5, 100KVA;22KV	U.	1
Tubo metálico tipo EMT, di 13mm x3000mm de long.	U.	1
Varilla coperweld, con conect. Di. 16mm x2400mm	U.	1

Cuadro 2.1: Materiales para el montaje de los transformadores TR1 y TR2 de 100KVA.

se necesita un transformador de 100 KVA el mismo que se reubicará al poste P2 para obtener una óptima caída de tensión, este transformador a proyectar utiliza una estructura con 2 postes por su gran peso, por lo que se deberá reubicar unos pocos metros el poste P2 de manera de que ingrese otro poste P15 proyectado que alojará una estructura SCP en Media Tensión y una estructura E5 en baja tensión, entre estos 2 postes serán el punto de arranque del TR1p. Se deberá considerar que la red secundaria termina en el poste P7 por lo que se cambiará la estructura existente E5 por una 2E5 además solo servirá la red en tal poste a 10 abonados y no a la luminaria de 250W alojada en el mismo poste por que servirá a tal luminaria el transformador 2 proyectado. En la tabla 2.1 se puede ver los materiales utilizados en la estructura de arranque.

El cálculo de la caída de tensión para el transformador proyectado 2 para la mejora de esta obra urbana se puede ver en la figura 2.7.

EMPRESA ELECTRICA REGIONAL CENTRO SUR C. A. DIRECCION DE DISTRIBUCION DEPARTAMENTO DE DISTRIBUCION ZONA 3 CALCULO DE CAIDA DE TENSION (B.T. Proyectado)										Anexo C Hoja 2 de 2 Versión 06: Abasco-14		
LOCALIDAD: MERCADO 12 DE ABRIL / CAÑARIBAMBA												
TIPO DE OBRA: <input type="checkbox"/> Mejora Urbana												
Tipo de Conductor: <input type="checkbox"/> ACSR Red de B.T.: <input type="checkbox"/> 3F												
<b>La DMU proyectada considera el uso de Cocinas de Inducción</b>												
CATEGORIA: <input type="checkbox"/> D		Diseñado por: DARIO TELLO		REF. TRANSFORMADOR: T-2		N° Total Abon. <input type="checkbox"/> 49		Fecha: 11-dic-14		VOLTAJE SECUNDARIO: 220 / 127 V		POT. NOMINAL (KVA): 100
A.P. Total [w] <input type="checkbox"/> 1.750												
<b>ESQUEMA:</b> Remitirse al plano de redes proyectadas												
El transformador está en el poste: P12												
TRAMO		Longit.	N°	Al.Púb.	CARGA	CONDUCTOR			kva x m	CAIDA DE TENSION		
Inicio	Fin	[m]	ABON.	(W)	[kva]	N° fases	AWG	F.D.V.		PARCIAL	ACUM.	MAXIMOS
P12	P7	44	17	1.250	42,05	3	1/0	595	1850	3,11	3,11	
P7	P8	21	11	1.000	28,48	3	1/0	595	598	1,01	4,12	
P8	P9	23	10	750	25,92	3	1/0	595	596	1,00	5,12	
P9	P10	35		250	0,29	2	4	198	10	0,05	5,17	5,17
P9	P11	26		250	0,29	2	4	198	8	0,04	5,16	5,16
P12	P13	41	21	250	49,47	3	2	427	2028	4,75	4,75	4,75
Resumen de Conductor: (Incluye el 1.5 % de Desperdicio) considera el Neutro, un calibre menos que la Fase												
3/0 = 0		2/0 = 0		1/0 = 268		2 = 214		4 = 165		8 Cu = 0		
Longitud de red de B.T.: 190 metros												f.)
NOTAS:												DV Máx: 5,17

Figura 2.7: Caída de tensión externa proyectada para el Transformador proyectado 2.

Para el circuito que alimenta el transformador proyectado 2 existirá una variación del calibre del conductor existente #2 tipo ACSR a 1/0 tipo ACSR en los siguientes tramos de P12 a P7, de P7 a P8 y de P8 a P9; lo cual representa un cambio en el

arreglo 3x2(4) a 3x1/0(2) con un total de 357m lineales. El transformador a proyectar utiliza una estructura con 2 postes por su gran peso, por lo que se deberá reubicar unos pocos metros el poste P12 de manera de que ingrese otro poste P16 proyectado, entre estos 2 postes se tendrá el punto de arranque del TR2p, en la tabla 2.1 se puede ver los materiales utilizados en la estructura de arranque.

### 2.2.6.1. Cálculo de la caída de Tensión Interna

Debido a que la cocina de inducción requiere de 220v bifásico en la parte interna del inmueble no se considera el efecto inductivo y solo se considera el efecto resistivo pero en primera instancia se debe conocer cuanta corriente consume la carga utilizando la fórmula siguiente:

$$I = \frac{P}{Vn \times \cos\phi} \quad (2.4)$$

Donde:

P: es la potencia que consume la carga. [W]

I: es la corriente que consume la carga. [A]

Vn: es el voltaje nominal que requiere la carga. [V]

$\cos\phi$  =es el factor de potencia de la carga.

Conociendo que la cocina de inducción tiene una potencia Instalado de 5800w, necesita de 220 V, y considerando como factor de potencia 0,9.

$$I = \frac{5800}{220 \times 0,9} = 29,29A$$

Este es el criterio para la elección del termomagnético bipolar el cual será el que existe comercialmente de 32 A.

La caída de tensión por la Resistencia del conductor será:

$$\Delta V = 2RI \quad (2.5)$$

Donde:

$\Delta V$  =es la caída de tensión. [V]

R: es la Resistencia del conductor. [ $\Omega$ ]

I: es la corriente que consume la carga.[A]

La caída de tensión porcentual es:

$$\Delta V \% = \frac{\Delta V \times 100}{Vn} \quad (2.6)$$

La resistencia del conductor será:

$$R = \frac{\rho L}{S} \quad (2.7)$$

Donde:

R: es la Resistencia del conductor. [ $\Omega$ ]

$\rho$  = es la resistividad del conductor para el cobre es de 0,017 su unidad es:  $\Omega mm^2/m$ .

L= es la longitud del conductor desde la fuente hacia la carga.[m]

S= es la sección del conductor.[ $mm^2$ ][11]

Para hallar la sección del conductor se debe recurrir a la figura 2.8, para el caso de conductores tipo TW de Electrocables.

CALIBRE AWG ó MCM	SECCION $mm^2$	FORMACION No. de hilos por diámetro mm.	ESPESOR AISLAMIENTO mm.	DIAMETRO EXTERIOR MM.	PESO TOTAL Kg/Km	CAPAC. DE CORRIENTE para 1 conductor al aire libre Amp.	CAPAC. DE CORRIENTE para 3 conductores en conduit Amp.	TIPO DE CABLE	ALTERNAT. DE EMBALAJE.
20	0,52	1 x 0,813	0,76	2,33	9,81	6	7	TF	A,E
18	0,82	1 x 1,02	0,76	2,54	13,16	6	7	TF	A,E
16	1,31	1 x 1,29	0,76	2,81	18,10	10	8	TF	A,B
14	2,08	1 x 1,63	0,76	3,15	26,10	20	15	TW	A,B
12	3,31	1 x 2,05	0,76	3,57	38,30	25	20	TW	A,C
10	5,26	1 x 2,59	0,76	4,11	57,40	40	30	TW	A,D
8	8,34	1 x 3,26	1,14	5,54	95,20	60	40	TW	A,B
14	2,08	7 x 0,62	0,76	3,38	27,80	20	15	TW	A,B
12	3,31	7 x 0,78	0,76	3,86	40,10	25	20	TW	A,C
10	5,26	7 x 0,98	0,76	4,46	59,90	40	30	TW	A,D
8	8,37	7 x 1,23	1,14	5,97	105,20	60	40	TW	A,B,E
6	13,30	7 x 1,55	1,52	7,69	170,40	80	55	TW	A,E
4	21,15	7 x 1,96	1,52	8,92	255,50	105	70	TW	A,E
2	33,62	7 x 2,47	1,52	10,45	388,90	140	95	TW	A,E
1	42,36	7 x 2,78	2,03	12,40	482,90	165	110	TW	A,D,E

Figura 2.8: Características del cable TW electrocables. [13]

Utilizando un conductor 8 AWG la sección será de 8,37  $mm^2$  y según el apéndice A la distancia del circuito de fuerza que lleva desde el Tablero General de Medición hacia el Tablero 4 proyectado es de 28m; estos datos reemplazando en la ecuación 2.7 se obtiene:

$$R = \frac{0,017 \times 28}{8,37} = 0,057\Omega$$

reemplazando en la ecuación 2.5, se obtiene:

$$\Delta V = 2 \times 0,057 \times 29,29 = 3,34V$$

Este resultado representa la caída de tensión porcentual:

$$\Delta V \% = \frac{3,34 \times 100}{220} = 1,52 \%$$

## 2.3. Estudio y Analisis del Factor de Simultaneidad

### 2.3.1. Factor de simultaneidad

Definido como la razón entre la demanda máxima del conjunto o grupo de usuarios y la sumatoria de las demandas máximas individuales:

$$Fsim = \frac{Dm_{grupo}}{\sum Dmi} \leq 1 \quad (2.8)$$

donde:

Fsim: es el factor de simultaneidad.

Dmgrupo: es la demanda máxima del grupo.

$\sum Dmi$ : es la sumatoria de las demandas máxima individuales.[17]

### 2.3.2. Análisis del factor de simultaneidad de la cocina de inducción

En la cocina de inducción analizada de 3 focos marca Indurama modelo EI-3PV, la demanda máxima del grupo es de 5800w y las demandas individuales son para la zona 1 =1200w, para la zona 2 =2300w y para la zona 3=2300w.

A continuación analizaremos estos factores para el desayuno, almuerzo y merienda.

#### 2.3.2.1. Factor de simultaneidad en el desayuno.

Según las experiencias obtenidas en los usuarios en el desayuno mayoritariamente se ocupan 2 focos el de la zona 2 y 3.

Entonces utilizando la ecuación 2.8:

$$Fsim = \frac{2300 + 2300}{5800} = 0,79$$

### 2.3.2.2. Factor de simultaneidad en el almuerzo.

Según las experiencias obtenidas en los usuarios en el almuerzo mayoritariamente se ocupan 3 focos y pueden ser más pero en este caso el modelo de cocina solo nos permite hasta 3 focos.

Entonces utilizando la ecuación 2.8:

$$Fsim = \frac{2300 + 2300 + 1200}{5800} = 1$$

### 2.3.2.3. Factor de simultaneidad en la merienda.

Según las experiencias obtenidas en los usuarios en la merienda mayoritariamente se ocupan 3 focos.

Entonces utilizando la ecuación 2.8:

$$Fsim = \frac{2300 + 2300 + 1200}{5800} = 1$$

### 2.3.2.4. Factor de simultaneidad general

Si se procede a realizar un promedio de los 3 factores se obtiene:

$$Fsim = \frac{1 + 1 + 0,79}{3} = 0,93$$

Este debería ser el factor de simultaneidad a considerar para analizar como carga especial en los cálculos pero ya que se aproxima a 1 es mejor considerar la unidad.

## 2.4. Evaluación de la carga diversificada

### 2.4.1. Demanda diversificada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica

Analizando el factor de diversidad como la unidad para las cargas especiales cocina de inducción y ducha eléctrica se puede observar la figura 2.4 la demanda diversificada total para el usuario categoría D, este cuadro no es real debido a que la potencia máxima que demandó la cocina de inducción según las pruebas de cocción fue de 4834W; y la potencia máxima demandada por la ducha eléctrica fue de 3600W con estos datos la nueva demanda diversificada calculada se puede observar en la figura 2.9. Se debe tener en cuenta que si se analiza otro tipo de usuario la demanda diversificada seguramente sobrepasará los 10 KVA ya que posee más circuitos de iluminación y



TABLERO TD4 EXISTENTE Y PROYECTADO												
Tablero	Local	Circuito	Descripción	Fase	Cantidad	Tipo de Carga	Potencia	Carga Instalada [W]	Factor de Diversificación	Demanda Diversificada [W]		
TD4p	Departamento 3	1	Especial	A-B	1	Cocina de Induc	4834 W	4834	1	4834		
TD4e		3	Iluminación	A	10	Incandescente	100 W	1000	0,7	700		
TD4e		4	Fuerza	B	10	No definida	200 W	2000	0,35	700		
										<b>Total Carga Instalada</b>	<b>[W]</b>	<b>7834</b>
										<b>Demanda Diversificada vivienda</b>	<b>[W]</b>	<b>6234</b>
										<b>Demanda Diversificada vivienda</b>	<b>[W]</b>	<b>6234</b>
										<b>Factor de demanda</b>		<b>0,7</b>
										<b>Demanda Diversificada Total:</b>	<b>[W]</b>	<b>4364</b>
										<b>Factor de Potencia</b>		<b>0,9</b>
										<b>Demanda Diversificada Total:</b>	<b>[KVA]</b>	<b>4,85</b>

Figura 2.10: Demanda diversificada total considerando demanda máxima real de la cocina de inducción.

que se la realizó a 100 familias de la ciudad de Cuenca con categoría D la misma que se muestra en el apéndice E y los resultados de la misma se muestran a continuación:

### 2.5.1.1. Hora que la gente prefiere cocinar el desayuno

Según las encuestas realizadas a 100 usuarios categoría D el 33 % por situaciones laborales, académicas u ocupacionales están obligados a preparar el desayuno a las 6:30 AM esto se puede ver en la figura 2.11.

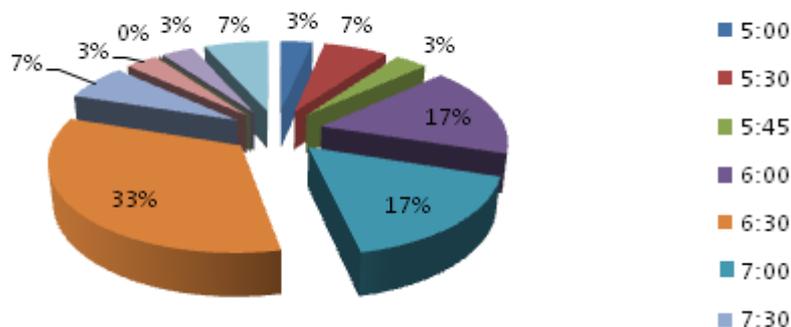


Figura 2.11: Hora que la gente prefiere cocinar el desayuno.

### 2.5.1.2. Hora que la gente prefiere cocinar el almuerzo

Según las encuestas realizadas a 100 usuarios categoría D el 53 % por situaciones laborales, académicas u ocupacionales están obligados a preparar el almuerzo entre

las 11:00 AM y 12:00 AM esto se puede ver en la figura 2.12.

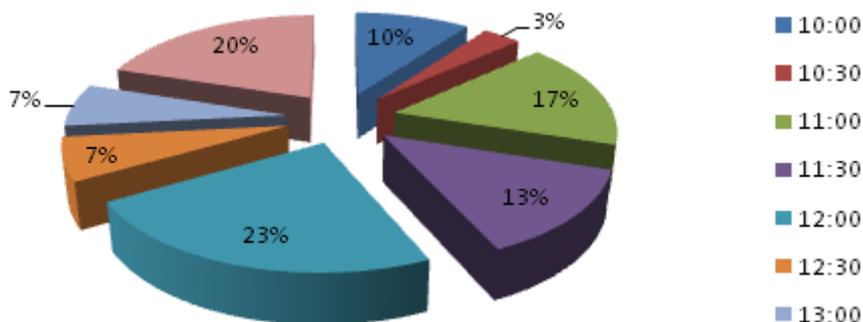


Figura 2.12: Hora que la gente prefiere cocinar el almuerzo.

### 2.5.1.3. Hora que la gente prefiere cocinar la merienda

Según las encuestas realizadas a 100 usuarios categoría D el 33 % por situaciones laborales, académicas u ocupacionales están obligados a preparar la merienda a las 19:00 PM esto se puede ver en la figura 2.13.

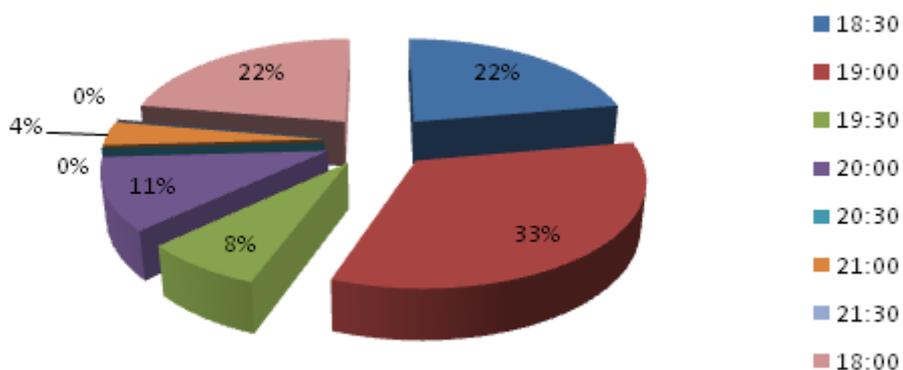


Figura 2.13: Hora que la gente prefiere cocinar la merienda.

### 2.5.1.4. Resumen General para la preparación de alimentos

De los datos obtenidos se muestra una tabla 2.2 general la cual nos indica los horarios de preparación de estos alimentos tradicionales:

Alimento	hora de preparación
Desayuno	6:30
Almuerzo	entre 11:00-12:00
Merienda	19:00

Cuadro 2.2: Resumen general de horarios de preparación de alimentos

### 2.5.2. Demanda por la preparación de alimentos con cocina de inducción

Se procedió a registrar la demanda generada por la cocina de inducción en la preparación de distintos tipos de alimentos monitorear su duración, su curva de carga y su energía consumida. Para esto se necesitó del Registrador de Energía con su respectiva conexión (véase figura 2.14 y 2.15).



Figura 2.14: Registrador Trifásico Fluke 1735 POWER LOGGER.

A continuación se mostrará cada alimento con su respectiva demanda.

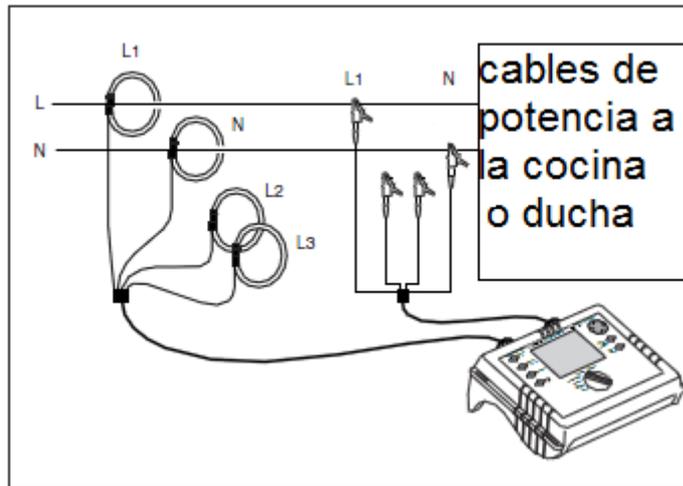


Figura 2.15: Conexión del registrador FLUKE 1735 a la carga (cocina o ducha eléctrica). .

### 2.5.2.1. Desayuno (mote pillo y café con leche)

En la tabla 2.3; se presentará los diferentes ingredientes utilizados para la realización del desayuno 1.

Mote pillo y café con leche	
Ingredientes	
1/2	libra de mote pelado precocido
5	huevos
1	litro de leche
7	cucharadas de café
3	cucharadas de azúcar

Cuadro 2.3: Ingredientes utilizados para el desayuno1.

**Utilización de las Ollas** Para hervir la leche se utilizó una olla de material de acero inoxidable marca Tramontina, y para la realización del mote pillo se utilizó una olla de acero inoxidable hecha en Japón.

La curva de carga demandada por la cocina en el desayuno se muestra en la figura 2.16.

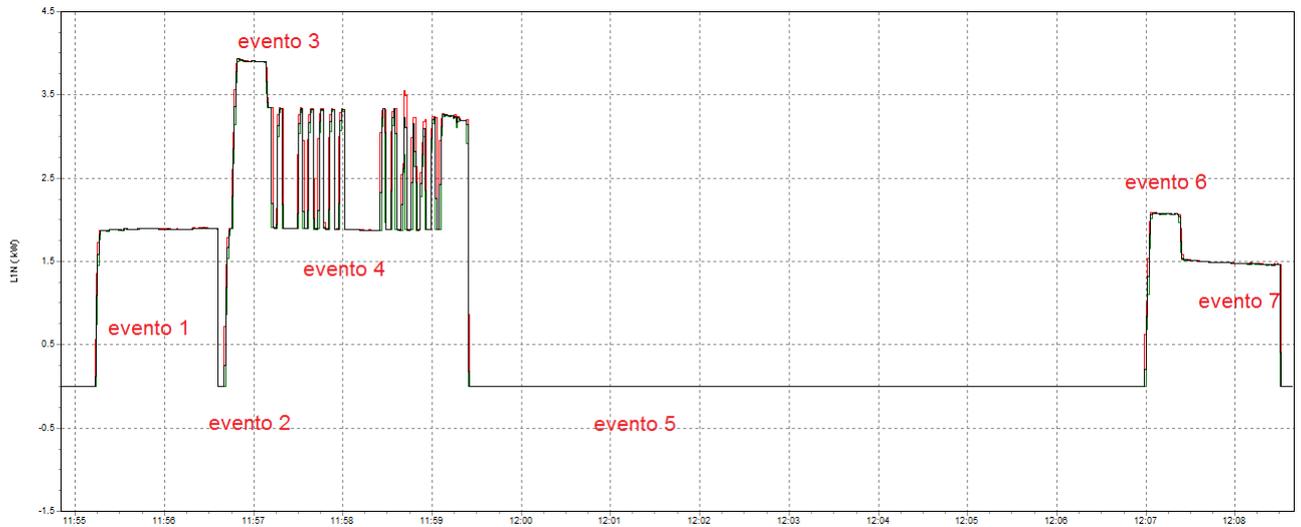


Figura 2.16: Curva de Carga para la realización del desayuno. .

**Evento 1** Funcionó la zona 2 a máxima intensidad de potencia (9) (véase subsección 1.1.3.1) y se colocó la leche para que hierva.

**Evento 2** Equivocadamente se pulsó el botón de apagado de la cocina porque se quería controlar la zona 3.

**Evento 3** Funcionó la zona 2 y 3 a máxima potencia (9) la zona 2 con la continuación en el proceso de hervir la leche y la zona 3 con la realización del mote pillo.

**Evento 4** Al hacerse muy rápidamente el mote pillo se pegaba en la superficie por lo que se redujo la potencia de la zona 3 a potencia (5).

**Evento 5** La leche hirvió rápidamente y se derramó en la superficie de toda la cocina entonces se apagó automáticamente. Mientras tanto se procedió a limpiar y secar la superficie.

**Evento 6** Funcionó la zona 3 a máxima potencia (9) con la continuación en la realización del mote pillo.

**Evento 7** Al hacerse muy rápidamente el mote pillo se pegaba en la superficie por lo que se redujo la potencia de la zona 3 a potencia (5) y se terminó con la elaboración de este alimento.

### 2.5.2.2. Almuerzo 1 (Sopa de porotos y de plato fuerte arroz con tortilla de atún).

En la tablas 2.4 y 2.5 se presentará los diferentes ingredientes utilizados para la realización del almuerzo 1.

Sopa de porotos	
Ingredientes	
1	libra de papas peladas y cortadas.
1	cebolla paiteña cortada en la mitad.
4	onzas de porotos reposados en agua 1 día.
3	litros de agua.

Cuadro 2.4: Ingredientes utilizados para el almuerzo (sopa).

Arroz con tortilla de atún	
Ingredientes	
1	taza de arroz lavado.
3	huevos removidos.
1	atún van camps mediano 148g.
1	litro de agua.
1	cucharada de aceite.
1	cebolla paiteña cortada.

Cuadro 2.5: Ingredientes utilizados para el almuerzo (plato fuerte).

**Utilización de las Ollas** Para hacer la sopa se utilizó una olla de hierro enlozado, para la realización del plato fuerte se utilizó 2 ollas una para el arroz de material de acero inoxidable marca Tramontina, y para la realización de la tortilla se utilizó una olla de acero inoxidable hecha en Japón; y la cocina de inducción Indurama EI-3PV.

La curva de carga demandada por la cocina en el almuerzo se muestra en la figura 2.17.

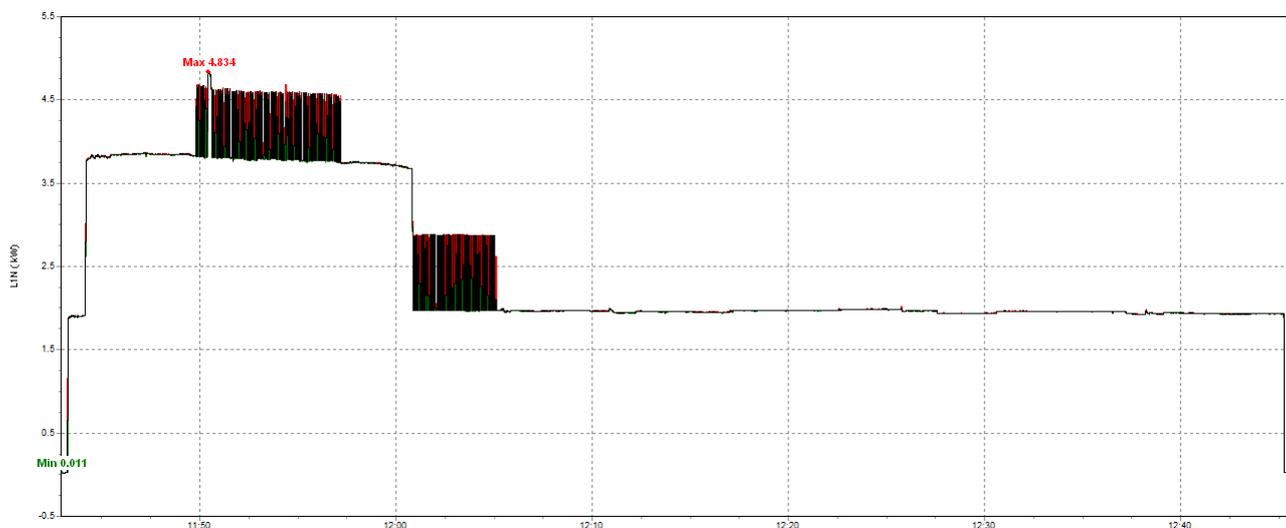


Figura 2.17: Curva de Carga para la realización del almuerzo.

### 2.5.2.3. Almuerzo 2 (Sopa de arroz de cebada y de Plato fuerte arroz con seco de pollo).

En la tablas 2.6 y 2.7 se presentará los diferentes ingredientes utilizados para la realización del almuerzo 2.

Sopa de arroz de cebada	
Ingredientes	
1	libra de papas peladas y cortadas.
1	cebolla paiteña cortada en la mitad.
8	onzas de arroz de cebada lavada.
3	litros de agua.

Cuadro 2.6: Ingredientes utilizados para el almuerzo (sopa).

Arroz con seco de pollo	
Ingredientes	
1 1/2	tazas de arroz lavado.
2 1/2	libras de pollo lavado, alineado y cortado en presas.
4	litros de agua.
1	cucharada de aceite.
2	cebollas paiteñas picadas
2	tomates picados
1	pimiento picado

Cuadro 2.7: Ingredientes utilizados para el almuerzo (plato fuerte).

**Utilización de las Ollas** Para hacer la sopa se utilizó una olla de hierro enlozado, para la realización del plato fuerte se utilizó 2 ollas una para el arroz de material de acero inoxidable marca Tramontina, y para la realización del seco de pollo se utilizó una olla de acero inoxidable hecha en Japón; y la cocina de inducción Indurama EI-3PV.

La curva de carga demandada por la cocina en el almuerzo se muestra en la figura 2.18.

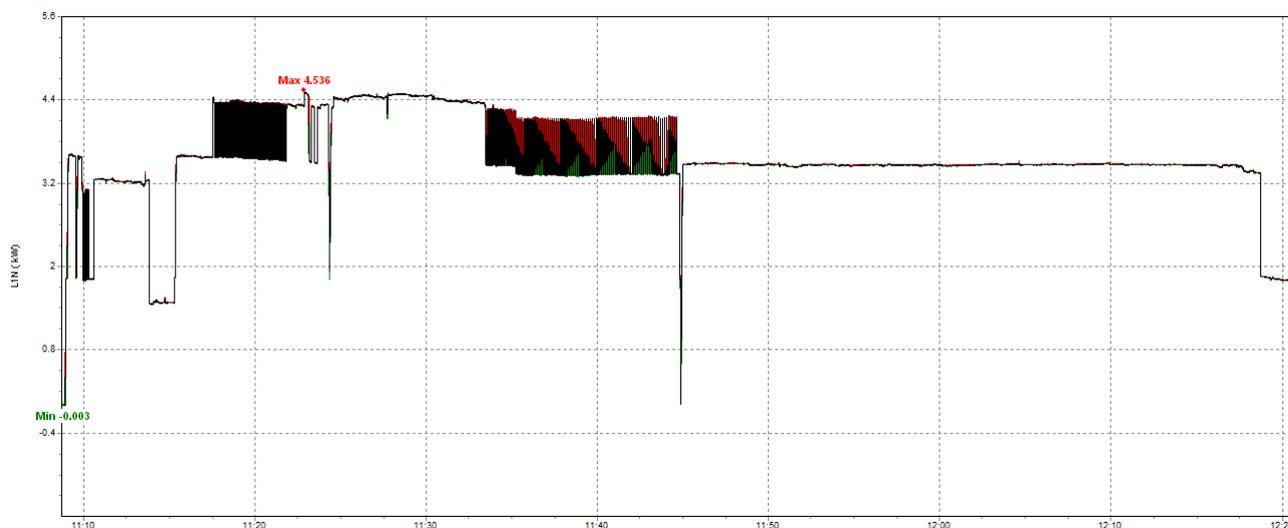


Figura 2.18: Curva de Carga para la realización del almuerzo.

#### 2.5.2.4. Almuerzo 3 (Sopa de arvejas y de Plato fuerte arroz con corvina apanada).

En la tablas 2.8 y 2.9 se presentará los diferentes ingredientes utilizados para la realización del almuerzo 3.

Sopa de arvejas	
Ingredientes	
1	libra de papas peladas y cortadas.
1	cebolla paitaña cortada en la mitad.
8	onzas de arveja verde precocida.
3	litros de agua.

Cuadro 2.8: Ingredientes utilizados para el almuerzo 3 (sopa).

Arroz con corvina apanada	
Ingredientes	
1 1/2	tazas de arroz lavado.
1	libra de corvina lavada y alineada.
100	ml de aceite.
1	cebolla paitaña cortada.
1/2	libra de miga de pan.

Cuadro 2.9: Ingredientes utilizados para el almuerzo 3 (plato fuerte).

**Utilización de las Ollas** Para hacer la sopa se utilizó una olla de hierro enlozado, para la realización del plato fuerte se utilizó 2 ollas una para el arroz de material de acero inoxidable marca Tramontina, y para la realización de la corvina apanada frita se utilizó una olla de acero inoxidable hecha en Japón; y la cocina de inducción Indurama EI-3PV.

La curva de carga demandada por la cocina en el almuerzo se muestra en la figura 2.19.

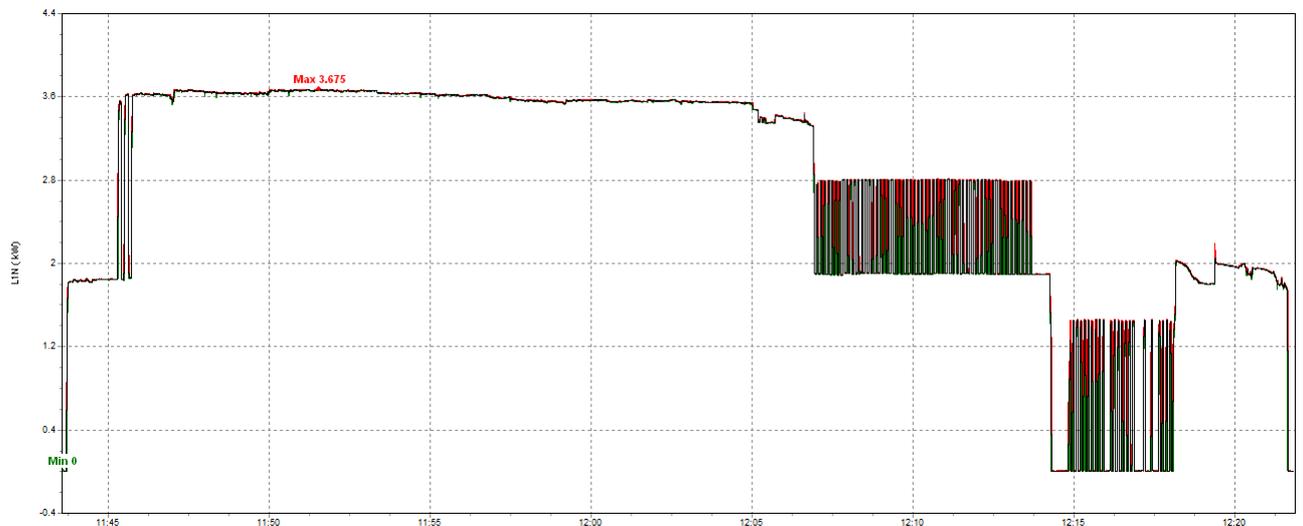


Figura 2.19: Curva de Carga para la realización del almuerzo 3.

#### 2.5.2.5. Almuerzo 4 (Sopa de cabello de ángel y de Plato fuerte arroz con sancocho).

En la tablas 2.10 y 2.11 se presentará los diferentes ingredientes utilizados para la realización del almuerzo 4.

Sopa de cabello de ángel	
Ingredientes	
1	libra de papas peladas y cortadas.
1	cebolla paitaña cortada en la mitad.
4	onzas de cabello de angel
3	litros de agua.

Cuadro 2.10: Ingredientes utilizados para el almuerzo 4 (sopa).

Arroz con sancocho	
Ingredientes	
1 1/2	tazas de arroz lavado.
2	libras de carne de cerdo de costilla.
100	ml de aceite.
1	cebolla paitaña cortada y ajo.
1	litro de agua

Cuadro 2.11: Ingredientes utilizados para el almuerzo 4 (plato fuerte).

**Utilización de las Ollas** Para hacer la sopa se utilizó una olla de hierro enlozado, para la realización del plato fuerte se utilizó 2 ollas una para el arroz de material de acero inoxidable marca Tramontina, y para la realización del sancocho se utilizó una olla de acero inoxidable hecha en Japón; y la cocina de inducción Indurama EI-3PV.

La curva de carga demandada por la cocina en el almuerzo se muestra en la figura 2.20.

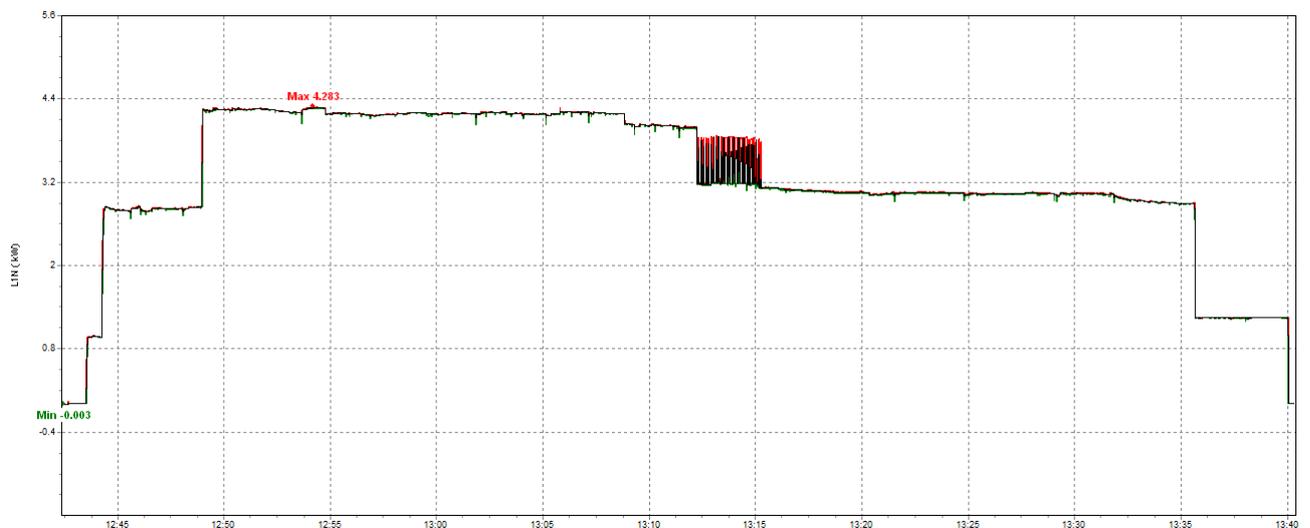


Figura 2.20: Curva de Carga para la realización del almuerzo 4.

### 2.5.2.6. Almuerzo 5 (Sopa de fideos y de Plato fuerte arroz con chuleta y papas fritas).

En la tablas 2.12 y 2.13 se presentará los diferentes ingredientes utilizados para la realización del almuerzo 5.

Sopa de fideos	
Ingredientes	
1	libra de papas peladas y cortadas.
1	cebolla paitaña cortada en la mitad.
4	onzas de fideo
3	litros de agua.

Cuadro 2.12: Ingredientes utilizados para el almuerzo 5 (sopa).

Arroz con chuleta y papas fritas	
Ingredientes	
1 1/2	tazas de arroz lavado.
1	libras de chuleta
400	ml de aceite.
1	litro de agua
2	libras de papas

Cuadro 2.13: Ingredientes utilizados para el almuerzo 5 (plato fuerte).

**Utilización de las Ollas** Para hacer la sopa se utilizó una olla de hierro enlozado, para la realización del plato fuerte se utilizó 2 ollas una para el arroz de material de acero inoxidable marca Tramontina, y para la realización de las papas fritas y chuleta se utilizó una olla de acero inoxidable hecha en Japón; y la cocina de inducción Indurama EI-3PV.

La curva de carga demandada por la cocina en el almuerzo se muestra en la figura 2.21.

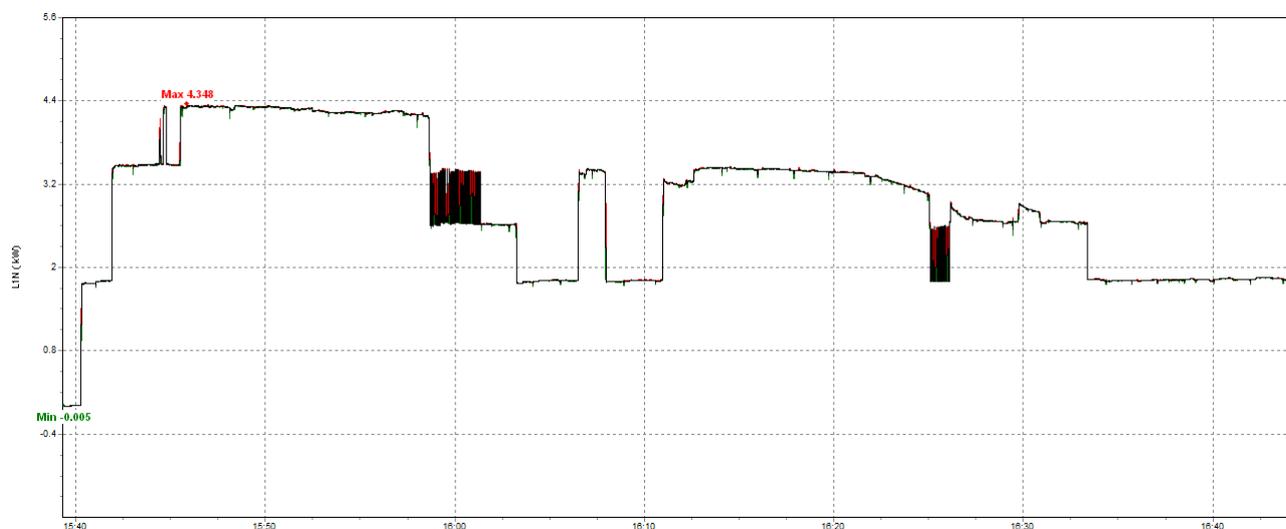


Figura 2.21: Curva de Carga para la realización del almuerzo 5.

### 2.5.2.7. Almuerzo 6 (Sopa de verduras y de Plato fuerte arroz con pescado frito).

En la tablas 2.14 y 2.15 se presentará los diferentes ingredientes utilizados para la realización del almuerzo 6.

Sopa de verduras	
Ingredientes	
1	libra de papas peladas y cortadas.
1	cebolla paitaña cortada en la mitad.
1	porcion de verduras (brocoli, zanahoria, coliflor)
3	litros de agua.

Cuadro 2.14: Ingredientes utilizados para el almuerzo 6 (sopa).

Arroz con pescado frito	
Ingredientes	
1 1/2	tazas de arroz lavado.
2	libras de pescado camotillo
400	ml de aceite.

Cuadro 2.15: Ingredientes utilizados para el almuerzo 6 (plato fuerte).

**Utilización de las Ollas** Para hacer la sopa se utilizó una olla de hierro enlozado, para la realización del plato fuerte se utilizó 2 ollas una para el arroz de material de acero inoxidable marca Tramontina, y para la realización del pescado frito se utilizó

una olla de acero inoxidable hecha en Japón; y la cocina de inducción Indurama EI-3PV.

La curva de carga demandada por la cocina en el almuerzo se muestra en la figura 2.22.

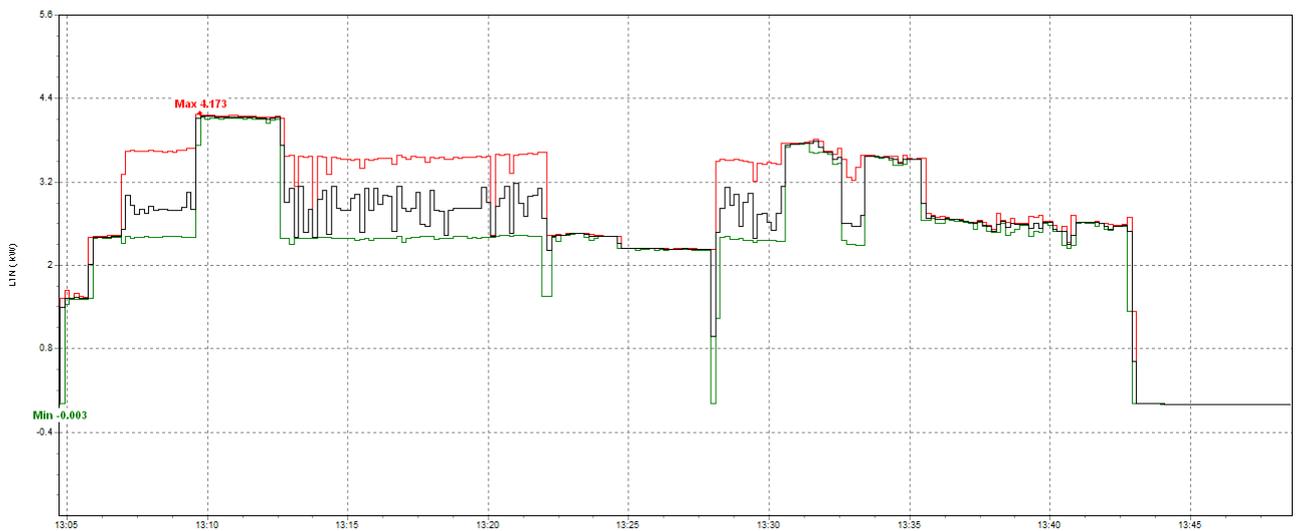


Figura 2.22: Curva de Carga para la realización del almuerzo 6.

#### 2.5.2.8. Merienda (Calentado)

De los almuerzos establecidos se analizó una curva de demanda para merienda que es el resultado de calentar estos alimentos para servirlos en la noche, debido a que la cocina de inducción es una aparato de cocción eficiente se calentó estos alimentos en un promedio de 8 minutos, la curva de carga se muestra en la figura 2.23.

**Utilización de las Ollas** Para calentar el arroz se utilizó la olla Tramontina y para calentar el acompañado se utilizó la olla de acero inoxidable hecha en Japón; y obviamente la cocina de inducción Indurama EI-3PV.

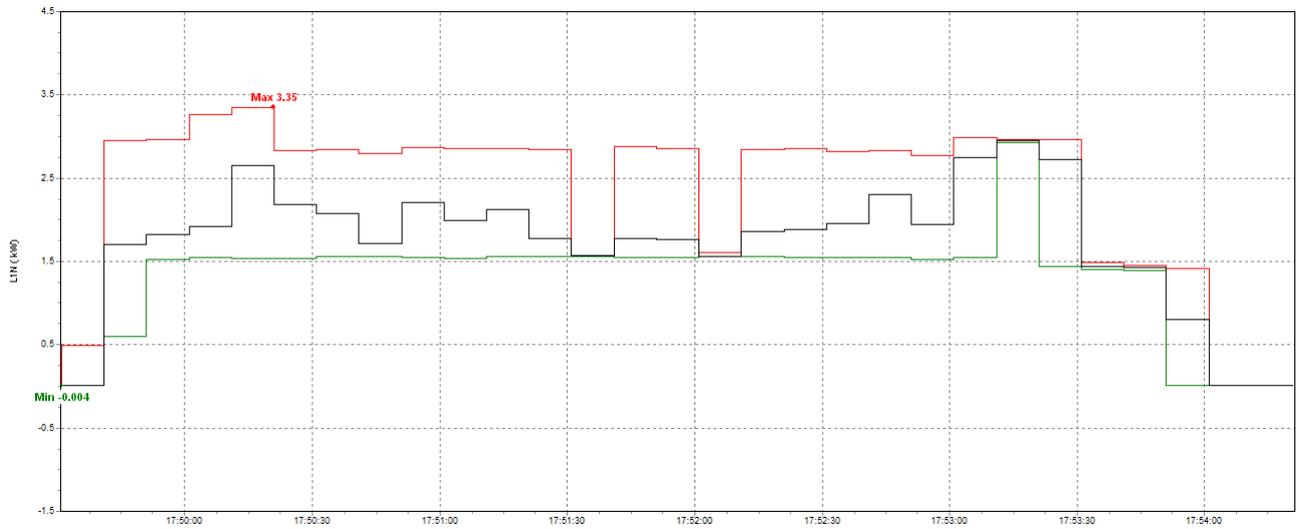


Figura 2.23: Curva de Carga para la realización de la merienda. .

### 2.5.3. Demanda Proyectada por la ducha eléctrica

Para estimar con precisión el uso de la ducha eléctrica en el hogar se utilizó de una encuesta que se la realizó a 100 familias de la ciudad de Cuenca con categoría D que se puede ver en el apéndice C; para conocer la hora de preferencia de uso de la ducha; el tiempo de duchado, y la frecuencia de uso semanal los resultados se muestran a continuación:

#### 2.5.3.1. Hora que la gente prefiere ducharse

Según las encuestas realizadas a 100 usuarios categoría D el 36 % por situaciones laborales, académicas u ocupacionales están obligados a ducharse a las 6:00 AM , 7:00 AM , 19:00PM y 22:00PM esto se puede ver en la figura 2.24.

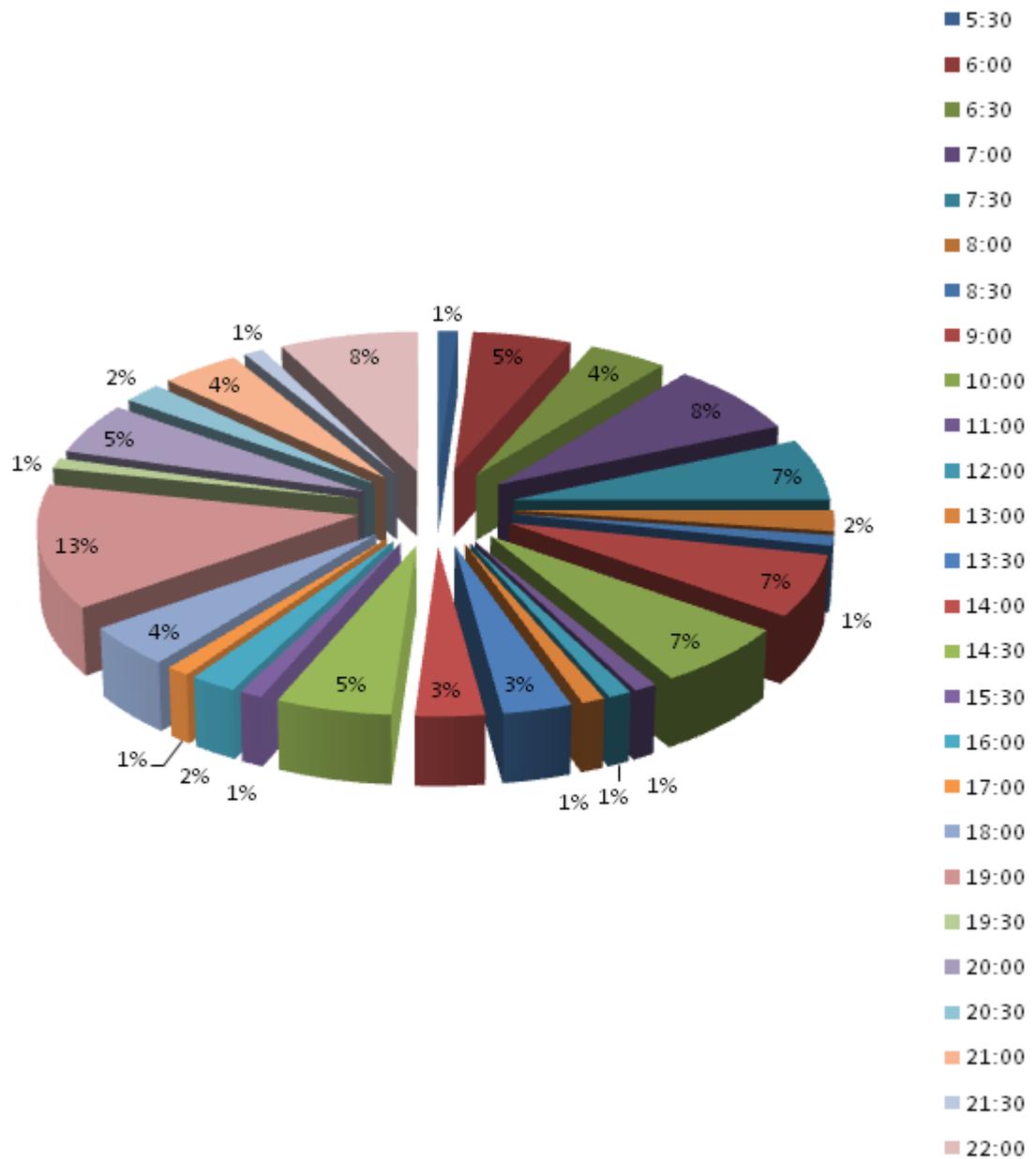


Figura 2.24: Hora que la gente prefiere ducharse.

### 2.5.3.2. Duración del duchado

Según las encuestas realizadas a 100 usuarios categoría D el 39 % les toma ducharse un tiempo aproximado de 12 minutos, esto se puede ver en la figura 2.25.

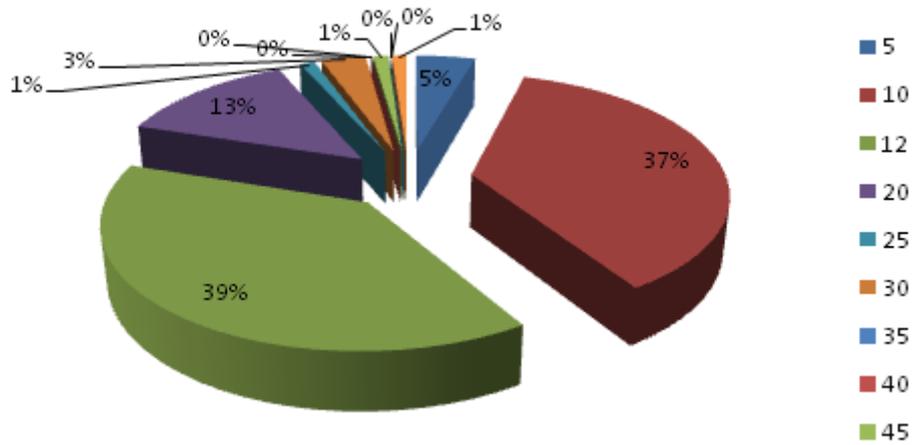


Figura 2.25: Duración del duchado (minutos).

### 2.5.3.3. Número de baños a la semana

Según las encuestas realizadas a 100 usuarios categoría D el 48 % toma una higiene personal diaria con el uso de la ducha, esto se puede ver en la figura 2.26.

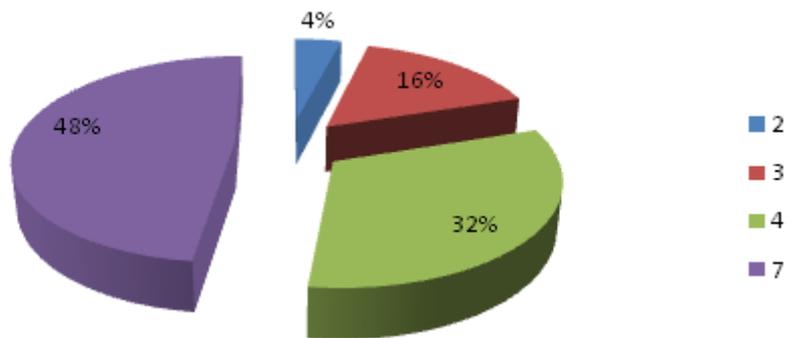


Figura 2.26: Número de baños a la semana.

### 2.5.3.4. Resumen General en el uso de la ducha

A continuación en la tabla 2.16 se muestra la hora de preferencia de uso de la ducha; el tiempo de duchado, y la frecuencia de uso semanal que obtuvo mayores preferencias.

Miembro familiar	Padre	Madre	Hijo(a)	Hijo(a)
Horario	6:00	7:00	19:00	22:00
Duración	15min	15min	15min	15min
Frecuencia de uso semanal	diario	diario	diario	diario

Cuadro 2.16: Resumen general de horarios de uso de la ducha

#### 2.5.4. Demanda proyectada por el uso de la ducha eléctrica

Con los resultados obtenidos se realizó una prueba de duchado de 12 minutos de duración; durante este tiempo mediante el registrador de energía se pudo determinar la energía consumida por la ducha eléctrica además de la curva de demanda. La ducha calentó el agua a una temperatura del agua a 40 °C y un caudal de 1,6 lt/min (en este caso solo se abrió la llave de agua caliente un 20 % por que al abrir más el caudal de agua en la ducha el agua se enfría); se determinó una curva de carga como se puede observar en la figura 2.27. La instalación del analizador es similar al de la cocina de inducción (véase la figura 2.15)

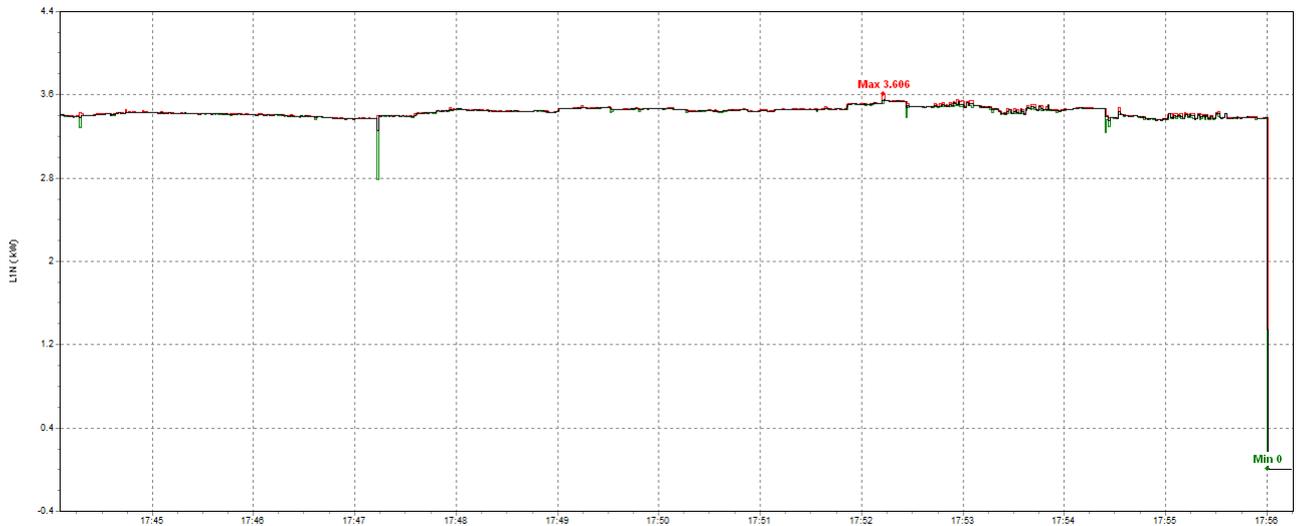


Figura 2.27: Curva de carga ducha eléctrica. .

#### 2.5.5. Demanda proyectada diaria con la inclusión de la ducha eléctrica y cocina de inducción

Teniendo un horario definido de uso de los aparatos eléctricos a implementar y con distintos tipos de almuerzos se procederá a registrar la demanda diaria la misma que variará por cada tipo de día a continuación en la tabla 2.17 se observará el uso

de cada aparato por día. Para saber la duración de los duchados, la frecuencia de los mismos, y la hora diaria de uso se observará la tabla 2.16.

Día	Desayuno	Almuerzo	Merienda
Lunes	Desayuno 1	Almuerzo 1	Merienda
Martes	Desayuno 1	Almuerzo 2	Merienda
Miercolés	Desayuno 1	Almuerzo 3	Merienda
Jueves	Desayuno 1	Almuerzo 4	Merienda
Viernes	Desayuno 1	Almuerzo 5	Merienda
Sábado	Desayuno 1	Almuerzo 6	Merienda
Domingo	Desayuno 1	Almuerzo 4	Merienda

Cuadro 2.17: Preparación de alimentos por día.

#### **2.5.5.1. Curva proyectada de demanda para días Lunes**

En la figura 2.28 se puede observar la demanda diaria proyectada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica para los días Lunes.

#### **2.5.5.2. Curva proyectada de demanda para días Martes**

En la figura 2.29 se puede observar la demanda diaria proyectada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica para los días Martes.

#### **2.5.5.3. Curva proyectada de demanda para días Miércoles**

En la figura 2.30 se puede observar la demanda diaria proyectada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica para los días Miércoles.

#### **2.5.5.4. Curva proyectada de demanda para días Jueves y Domingos**

En la figura 2.31 se puede observar la demanda diaria proyectada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica para los días Jueves y Domingos.

#### **2.5.5.5. Curva proyectada de demanda para días Viernes**

En la figura 2.32 se puede observar la demanda diaria proyectada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica para los días Viernes.

#### **2.5.5.6. Curva proyectada de demanda para días Sábados**

En la figura 2.33 se puede observar la demanda diaria proyectada total considerando la cocina de inducción y ducha eléctrica para los días Sábados.

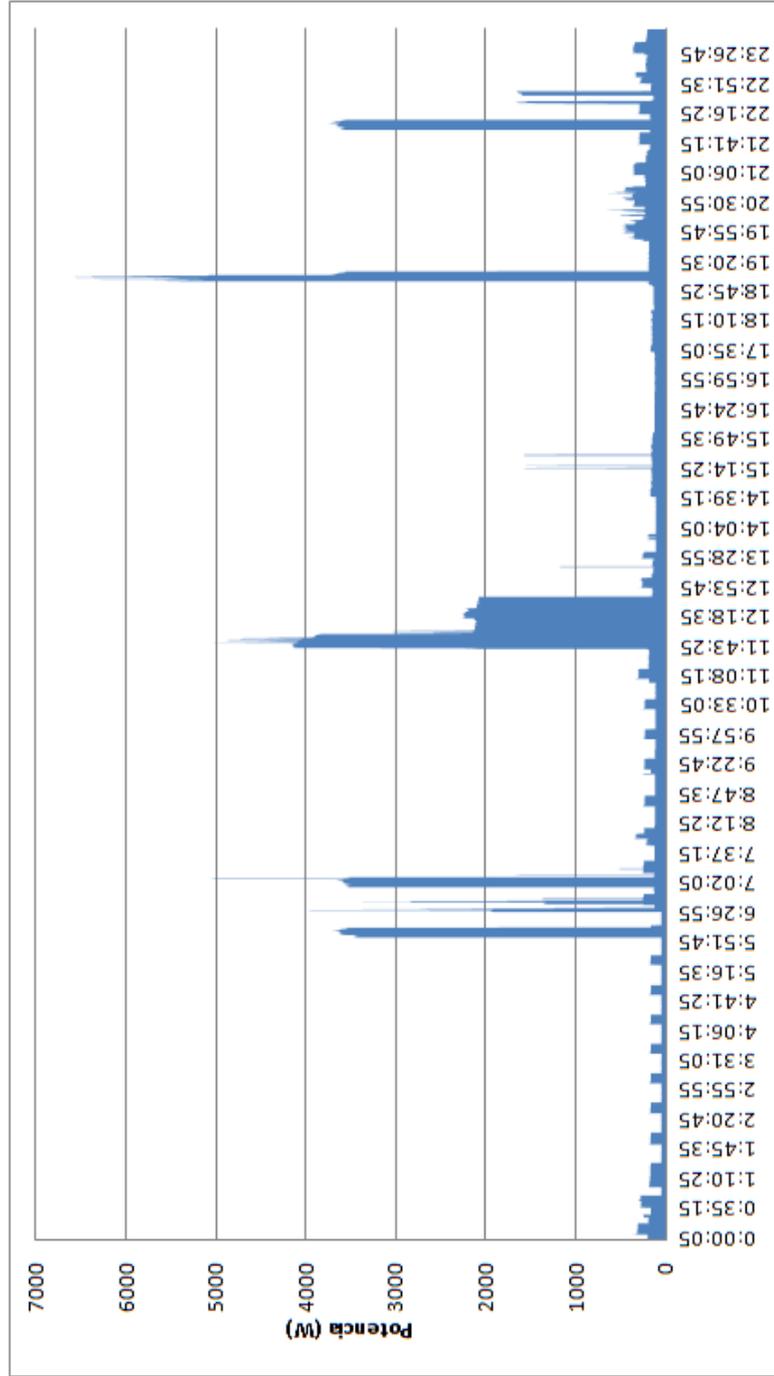


Figura 2.28: Curva proyectada de demanda para días Lunes considerando cocina y ducha eléctrica.

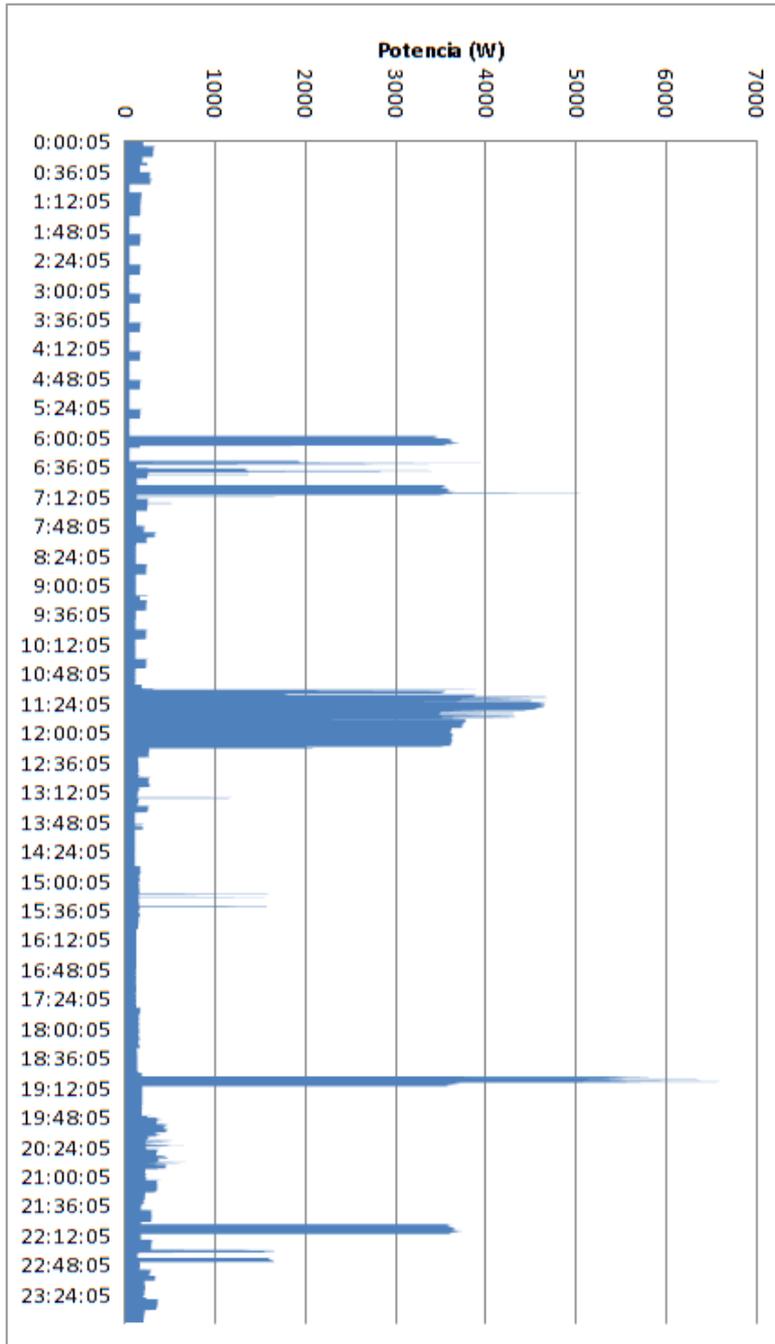


Figura 2.29: Curva proyectada de demanda para días Martes considerando cocina y ducha eléctrica.

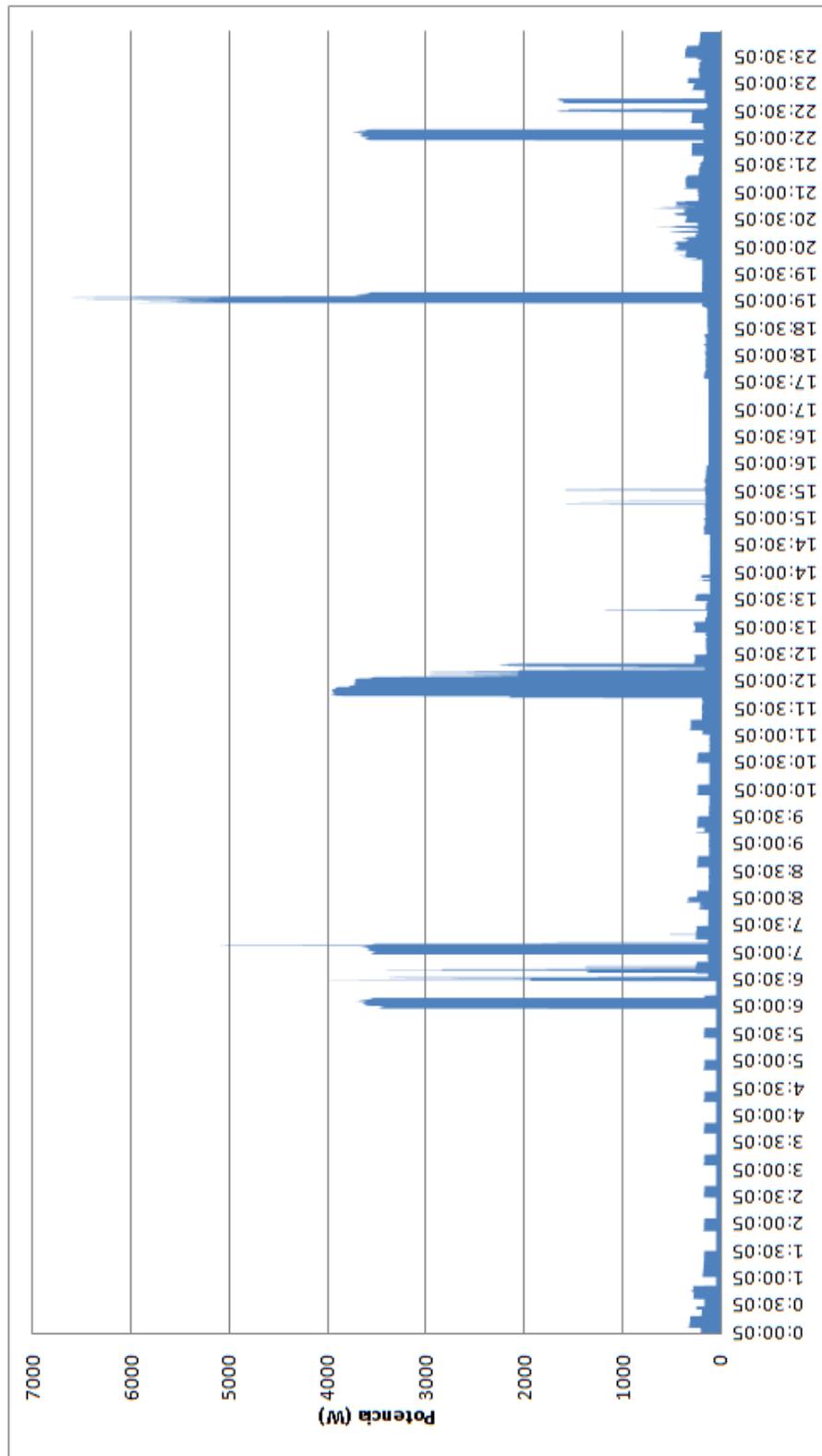
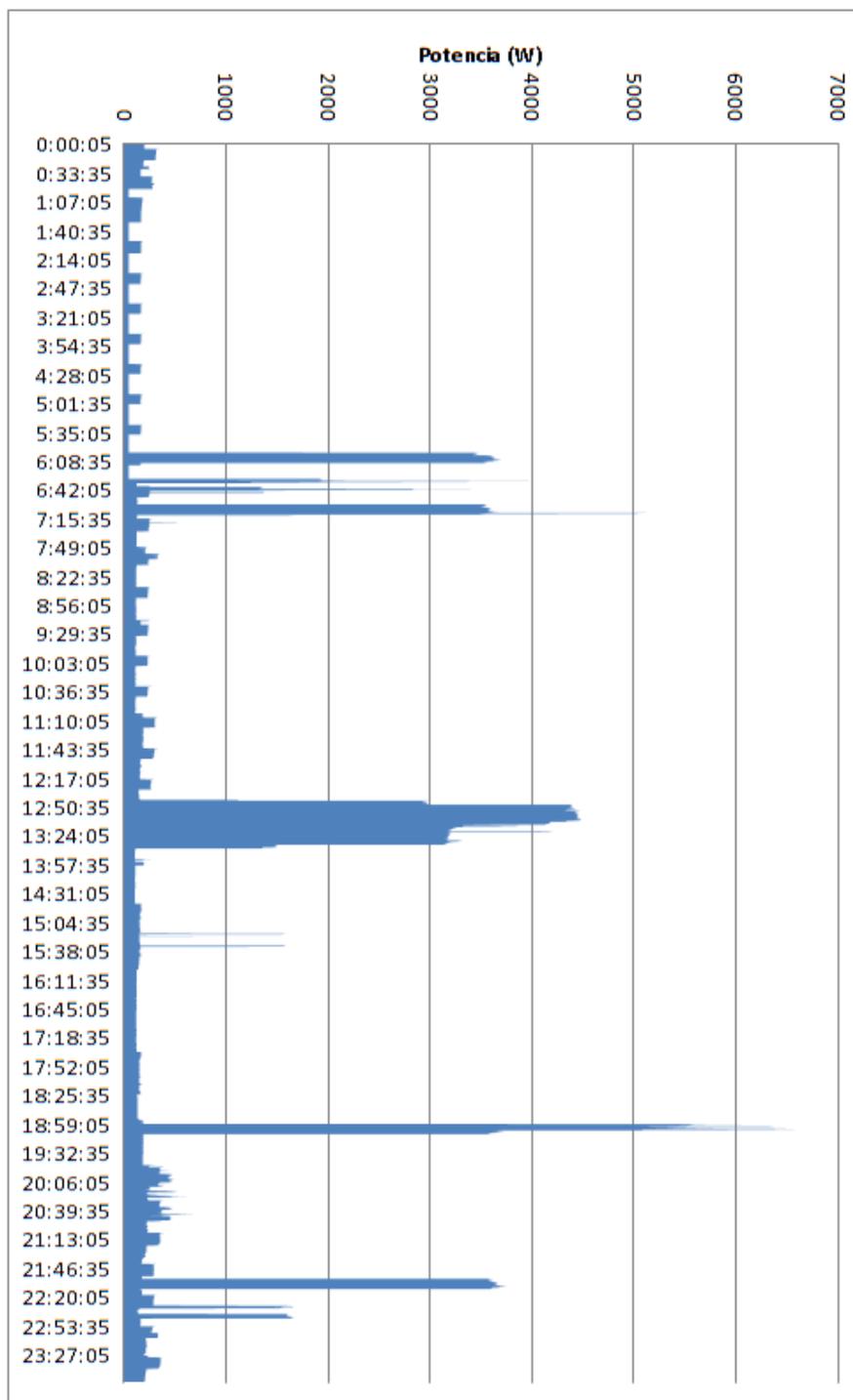


Figura 2-30: Curva proyectada de demanda para días Miércoles considerando cocina y ducha eléctrica.

Figura 2.31: Curva proyectada de demanda para días Jueves y Domingos considerando cocina y ducha eléctrica.



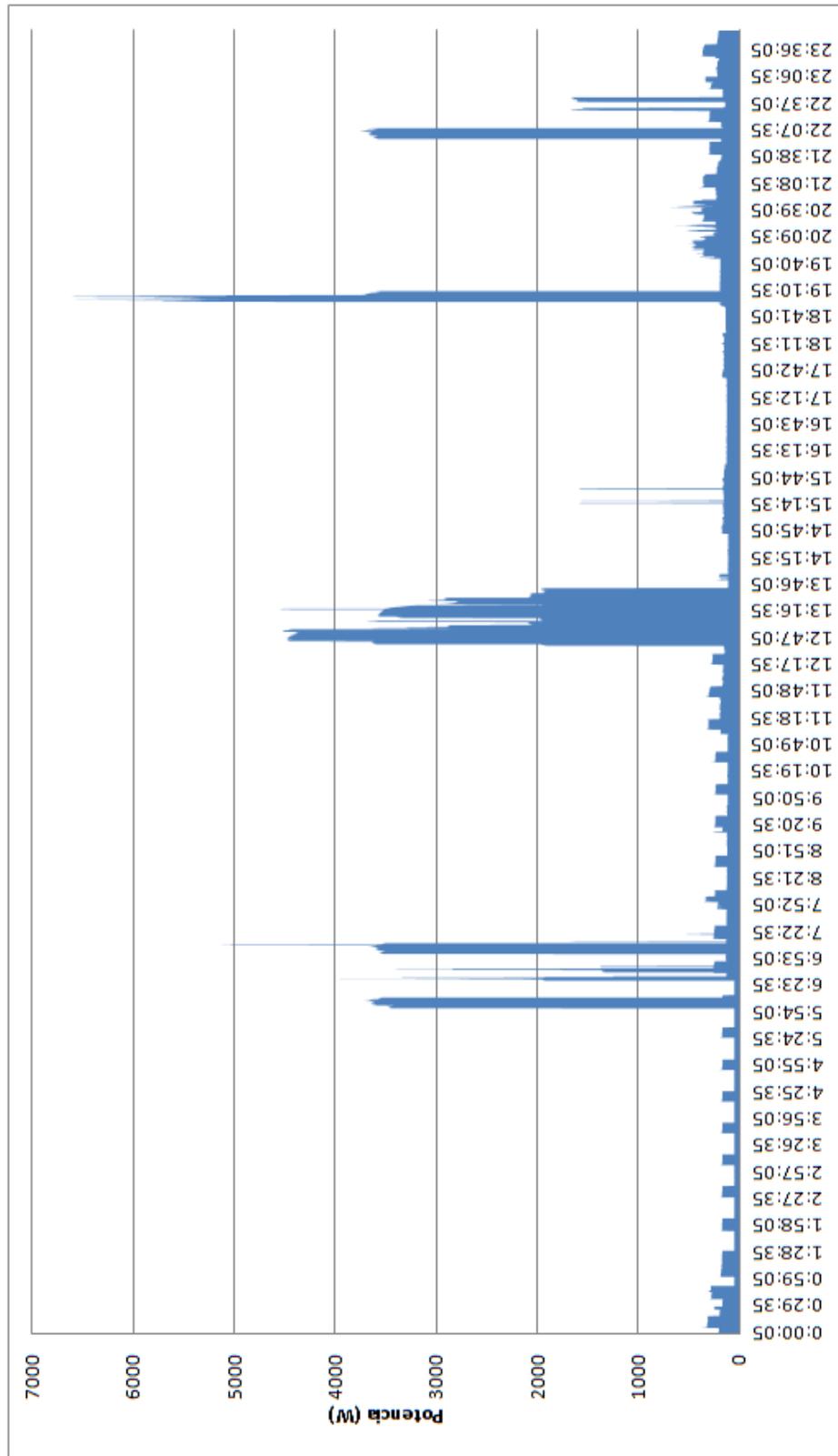


Figura 2.32: Curva proyectada de demanda para días Viernes considerando cocina y ducha eléctrica.

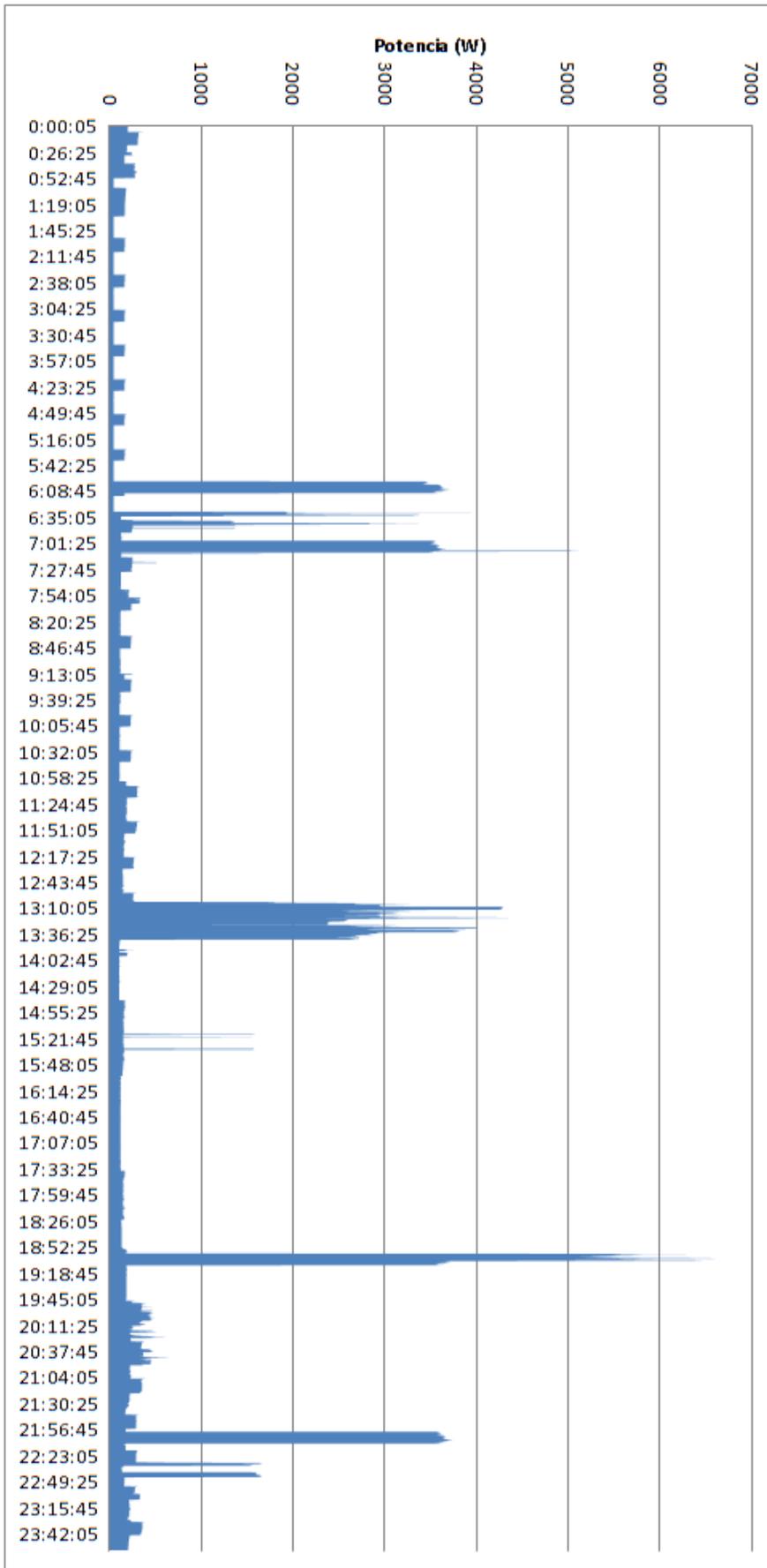


Figura 2.33: Curva proyectada de demanda para días Sábados considerando cocina y ducha eléctrica.

# Capítulo 3

## ANÁLISIS DE CONSUMO

### 3.1. Análisis de Consumo de GLP

En la vivienda doméstica tradicionalmente existen 2 tipos distintos de usos que se dan a cilindros de gas de uso doméstico de 15 kg, el primero se lo necesita para la cocina a gas, y el segundo para el calefón a gas; aunque existen familias de clase alta que ocupan también para el calentamiento de piscinas, secadoras de ropa, pero este análisis se omitirá. A continuación se detallarán las pruebas de consumo para estos 2 diferentes usos; se debe tener en cuenta que este análisis se hizo con el cilindro Duragas de color amarillo de 15 Kg.

#### 3.1.1. Consumo de cocción por cocina a gas

Para identificar el consumo al momento de preparar alimentos como el desayuno, almuerzo y merienda se necesitó de los siguientes equipos que se mostrarán en la siguiente tabla 3.1. En este caso la cocina a analizar es de marca Indurama el modelo Valencia, se debe tomar en cuenta que al analizar otra cocina a gas se obtendrán datos diferentes.

Materiales y equipos utilizados
cronómetro
gasómetro de marca METREX
cocina indurama de modelo valencia con 4 quemadores

Cuadro 3.1: Equipos empleados para la pruebas de cocción.

Para la instalación del gasómetro se lo debe realizar en serie (cilindro de gas-gasómetro- cocina), respetando el sentido del mismo (véase la figura 1.25.) y reposando el gasómetro de manera vertical.

**Pruebas de cocción** Se realizó las mismas pruebas de cocción del desayuno, almuerzos y merienda mencionados en el capítulo 2 pero con cocina a gas. A continuación en la tabla 3.2 se pueden observar los consumos debidos a estos alimentos.

Tipo de alimento	Litros glp	Tiempo de Duración	Energía gastada
desayuno 1	23	9min	0,493kwh
almuerzo 1	146	45min	3,129kwh
almuerzo 2	266	106,22min	5,70kwh
almuerzo 3	155	53min	3,322kwh
almuerzo 4	174	95min	3,73kwh
almuerzo 5	180	81min	3,86kwh
almuerzo 6	139	66,5min	2,98kwh
Merienda	17	8min	0,364kwh

Cuadro 3.2: Pruebas de cocción glp.

### 3.1.1.1. Consumo mensual por cocina a gas

A continuación en la tabla se puede observar el consumo por utilizar la cocina a gas.

Día	Desayuno	Almuerzo	Merienda	Total
Lunes	0,493kwh	3,129kwh	0,322kwh	3,944kwh
Martes	0,493kwh	5,70kwh	0,322kwh	6,515kwh
Miercoles	0,493kwh	3,322kwh	0,322kwh	4,137kwh
Jueves	0,493kwh	3,73kwh	0,322kwh	4,545kwh
Viernes	0,493kwh	3,86kwh	0,322kwh	4,675kwh
Sábado	0,493kwh	2,98kwh	0,322kwh	3,795kwh
Domingo	0,493kwh	3,73kwh	0,322kwh	4,545kwh
Total de consumo semanal con cocina a gas.				32,156kwh

Cuadro 3.3: Consumos diario y semanal en la preparación de distintos alimentos con cocina a gas.

Como se muestra en la tabla el consumo semanal existente es de 32,156 kwh ; si multiplicamos este valor por 4 debido a que en el mes existen 4 semanas tendremos un consumo mensual de 128,624 kwh.

### 3.1.1.2. Energía entregada por un cilindro de gas

Como se conoce el cilindro de gas de uso doméstico tiene una masa de 15 Kg, si se quiere hallar la energía total que puede aportar el cilindro de gas se citará la siguiente fórmula.

$$E = mcil \times Hs \quad (3.1)$$

Donde:

mcil: es la masa del cilindro de gas analizado.

Hs: es el poder calorífico superior del GLP (en este caso butano comercial) este valor es  $13,83 \frac{kwh}{kg}$ .

$$E = 15Kg \times 13,83 \frac{kwh}{kg} = 207,45kwh \quad (3.2)$$

### 3.1.1.3. Demanda de cilindros de gas mensuales para la cocina a gas

Debido a que la energía del cilindro de gas es de 207,45 kwh quiere decir que el usuario analizado tipo D necesita de:

$$\#CILINDROS = \frac{128,624kwh}{207,45kwh} = 0,62$$

Es decir la familia requiere de 0,62 cilindros de gas mensualmente solamente para la preparación de alimentos utilizando cocina a gas.

### 3.1.2. Consumo por calefón a gas

Para identificar el consumo al momento de ducharse con calefón a gas se ha de necesitar de los siguientes equipos que se mostrarán en la siguiente tabla 3.4. En este caso el calefón a analizar es de marca Instamatic de capacidad a 20 litros, se debe tomar en cuenta que al analizar otro calefón se obtendrán datos diferentes.

Materiales y equipos utilizados
cronómetro
gasómetro de marca METREX
calefón a gas de Marca Instamatic de capacidad a 20 litros
recipiente con medida de litros.
termómetro de mercurio.

Cuadro 3.4: Equipos empleados para la prueba de duchado.

Para la instalación del gasómetro se lo debe realizar en serie (cilindro de gas-gasómetro- calefón), respetando el sentido del mismo (véase la figura 1.25.) y reposando el gasómetro de manera vertical.

A continuación se especificará en qué consiste la prueba de baño para analizar el consumo.

### 3.1.2.1. Prueba de duchado

Para esta prueba se consideró un tiempo determinado de 12 minutos, en los que se observó en el gasómetro los litros consumidos por el calefón a gas para esto se seleccionó el nivel 1 de calentamiento (véase figura 3.1 ). Se debe tomar en cuenta que al tomar otro nivel de temperatura los datos de consumo serán distintos.



Figura 3.1: Nivel de temperatura seleccionado en la prueba de duchado.

Luego de transcurrido los 12 minutos a una temperatura del agua de 40 °C y una caudal de agua a 6,94 lt/min (esto debido a que se abrió la llave de agua caliente en su totalidad y se abrió un 20 % la llave de agua fría para obtener la temperatura y caudal de agua deseados); se determinó un consumo como se puede observar en la tabla 3.5.

Tiempo de duchado (min)	Temperatura alcanzada (°C)	Caudal de agua (lt/min)	Litros consumidos de GLP	Energía consumida (Kwh)	Caudal de GLP (lt/min)
12	40	6,087	152	3,29	12,667

Cuadro 3.5: Consumo durante el duchado utilizando el calefón a gas.

Como

$$E = P_s \times t \quad (3.3)$$

donde:

E=Energía calorífica consumida.

P<sub>s</sub>=Potencia Superior.

t= tiempo de la prueba de duchado.

entonces realizando el cálculo se obtuvo:

$$E = 16,29kw \times 12min \times \frac{1h}{60min} = 3,258kwh$$

### 3.1.2.2. Prueba de lavado de platos

No se tomó en cuenta el consumo de glp para lavado de platos debido a que el 65 % de encuestados prefirió lavar con agua fría.

### 3.1.2.3. Consumo mensual por calefón a gas

A continuación en la tabla 3.6 se puede observar el consumo por utilizar el calefón a gas.

Día	Duchado 1	Duchado 2	Duchado 3	Duchado 4	Total
Lunes	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	13,036 kwh
Martes	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	13,036 kwh
Miercoles	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	13,036 kwh
Jueves	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	13,036 kwh
Viernes	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	13,036 kwh
Sábado	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	13,036 kwh
Domingo	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	3,258 kwh	13,036 kwh
Total					91,2352 kwh

Cuadro 3.6: Consumo diario y semanal por el uso del calefón a gas.

Como se muestra en la tabla el consumo semanal es de 91,2352 kwh; si multiplicamos este valor por 4 debido a que en el mes existen 4 semanas tendremos un consumo mensual de 364,94 kwh.

### 3.1.2.4. Demanda de cilindros de gas por calefón a gas

Debido a que la energía del cilindro de gas es de 207,45 kwh quiere decir que el usuario analizado tipo D necesita de:

$$\#CILINDROS = \frac{364,94kwh}{207,45kwh} = 1,76$$

Es decir la familia requiere de 1,76 cilindros de gas mensualmente solamente para el agua caliente sanitaria.

### 3.1.3. Consumo total con cilindros de gas

Por lo analizado se requirió una cantidad de energía calorífica de 128,624kwh para la cocción de alimentos, y para la higiene personal (duchado diario) de 4 personas durante un mes una cantidad calorífica de energía de 364,94kwh; esto quiere decir que se consume durante un mes en una cantidad de energía calorífica de 493,564kwh o 2,38 cilindros de gas por mes.

## 3.2. Análisis del consumo de la Energía Eléctrica existente y proyectada

### 3.2.1. Análisis de la energía eléctrica existente

El abonado analizado tiene un historial de energía mensual existente consumida como se muestra en la figura 3.2.

Año - Mes	VARIABLE	Ran Des	FEC. LEC. ANTERIOR	LEC. ANTERIOR	FEC. LEC. ACTUAL	LEC. ACTUAL	CONSUMO (KWH)
2013-Dic.	ACTIVA	NORMAL	23/10/2013	13324	21/11/2013	13433	109
2014-Ene.	ACTIVA	NORMAL	21/11/2013	13433	23/12/2013	13546	113
2014-Feb.	ACTIVA	NORMAL	23/12/2013	13546	24/01/2014	13656	110
2014-Mar.	ACTIVA	NORMAL	24/01/2014	13656	24/02/2014	13757	101
2014-Abr.	ACTIVA	NORMAL	24/02/2014	13757	24/03/2014	13859	102
2014-May.	ACTIVA	NORMAL	24/03/2014	13859	24/04/2014	13975	116
2014-Jun.	ACTIVA	NORMAL	24/04/2014	13975	24/05/2014	14080	105
2014-Jul.	ACTIVA	NORMAL	24/05/2014	14080	24/06/2014	14190	110
2014-Ago.	ACTIVA	NORMAL	24/06/2014	14190	24/07/2014	14287	97
2014-Sep.	ACTIVA	NORMAL	24/07/2014	14287	25/08/2014	14378	91
2014-Oct.	ACTIVA	NORMAL	25/08/2014	14378	24/09/2014	14479	101
2014-Nov.	ACTIVA	NORMAL	24/09/2014	14479	23/10/2014	14587	108

Figura 3.2: Historial de energía consumida mensual existente. . Fuente: Centrosur: Consulta de planillas

Este historial tiene una media de consumo de 105,25 Kwh para este tipo de abonado; sin la inclusión de la ducha eléctrica y cocina de inducción.

### 3.2.2. Análisis de la energía eléctrica proyectada

Considerando las demandas registradas por la preparación de los distintos alimentos y prueba de duchado utilizando la cocina de inducción y ducha eléctrica analizadas; la energías consumidas por tales aparatos se muestran en la tabla 3.7.

Día	desayuno	almuerzo	merienda	duchado para 4 miembros		Total
Lunes	0,203 kwh	2,607kwh	0,254kwh	2,732kwh		5,796kwh
Martes	0,203 kwh	4,263kwh	0,254kwh	2,732kwh		7,452kwh
Miercoles	0,203 kwh	1,764 kwh	0,254kwh	2,732kwh		4,953kwh
Jueves	0,203 kwh	3,143kwh	0,254kwh	2,732kwh		6,332kwh
Viernes	0,203 kwh	3,157kwh	0,254kwh	2,732kwh		6,346kwh
Sábado	0,203 kwh	1,802kwh	0,254kwh	2,732kwh		4,991kwh
Domingo	0,203 kwh	3,143kwh	0,254kwh	2,732kwh		6,332kwh
Energía por inducción semanal			23,078kwh	Energía semanal por ducha	19,124kwh	Energía total semanal 42,202kwh

Cuadro 3.7: Energía consumida por días con inclusión de cocina de inducción y ducha eléctrica.

Para el abonado tipo D analizado la energía eléctrica mensual (considerando 4 semanas) solamente por cocina de inducción será aproximadamente de 92,312 kwh.

La energía eléctrica mensual (considerando 4 semanas) solamente por ducha eléctrica será aproximadamente de 76,496 kwh.

En total para el abonado analizado el consumo de energía eléctrica mensual por el uso de los aparatos eléctricos: ducha eléctrica y cocina de inducción será aproximadamente de 168,808 kwh.

Es decir el nuevo consumo de energía eléctrica considerando los aparatos eléctricos a implementarse y el consumo existente será de 274,058kwh.

### 3.3. Comparación de consumo y análisis de resultados

#### 3.3.1. Comparación de consumos mensuales en la cocción de alimentos

A continuación en la tabla 3.8 se presentará una comparación de consumos mensuales de energía utilizando la cocina de inducción y la cocina a gas; obsérvese que la cocina de inducción demanda menores consumos con respecto a la de gas.

Aparato	Cocina a gas	Cocina a inducción
Consumo mensual	128,624kwh	92,312kwh

Cuadro 3.8: Comparación de consumos con gas e inducción.

Es decir cocinando con inducción se ahorrarían 36,312 kwh.

### 3.3.2. Comparación de consumos mensuales en la higiene personal

A continuación en la tabla 3.9 se presentará un resumen de los consumos para el duchado considerando para la ducha eléctrica la potencia máxima y para el calefón gas la selección 1.

Aparato	Calefón a gas	Ducha eléctrica
Consumo de energía durante 12 min.	3,258kwh	0,683kwh
Consumo mensual de energía	364,94kwh	76,496kwh
Eficiencia	65,39 %	72 %
Caudal de agua caliente	6,94lts/min	1,6 lts/min
Temperatura del agua caliente	40°C	40°C
Consumo de agua durante 12 min.	83,28lts	19,2lts

Cuadro 3.9: Comparación de consumos con electricidad y con gas en el duchado.

Mediante estos resultados se puede deducir que el calefón a gas es un aparato que posee una eficiencia poco menor que la ducha eléctrica, pero brinda más caudal de agua caliente unos 5,26lts/min más que la ducha eléctrica por lo que cualquier usuario preferiría usar este aparato, pero por mayor caudal también consumirá 64lts más de agua que la ducha eléctrica en cada duchado.

Al concluir se podría decir que al usar la ducha eléctrica se ahorraría 288,444 kwh la cual es una cantidad considerable de energía, además se ahorraría mensualmente 7,2 m<sup>3</sup> de agua; pero aumentaría la demanda eléctrica en las horas pico.

## Capítulo 4

# CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El funcionamiento de la cocina de inducción consiste en que mediante un campo electromagnético a alta frecuencia, en la corteza de la pieza a calentar (ferromagnética) se produzcan corrientes de torbellino las mismas que por efecto Joule disiparán calor.

El funcionamiento de la cocina a gas y calefón a gas consiste en la producción de combustión mediante los 3 elementos del triángulo de fuego: energía de activación, comburente y combustible (glp). Esta combustión conducirá calor a la pieza a calentar (cacerola) o serpentín elementos que son elementos que calentarán los alimentos o agua contenida.

El funcionamiento del termotanque eléctrico, ducha eléctrica y calefón eléctrico, consiste en la transformación de energía eléctrica de entrada en calor para ello necesita de un intercambiador de calor (resistencia), la circulación de corriente eléctrica por la misma chocará con el material por el cual está compuesto y a esta colisión se liberará energía en forma de calor que se transmitirá al agua.

Se determinó que las ollas de acero inoxidable difieren en su eficiencia desde un 50 % hasta un 90 % aproximadamente, esto se debe a que el porcentaje de hierro en la aleación es baja o el material de la olla solo en la base es ferromagnética. Para determinar el por que difiere exactamente su eficiencia se deberá plantear un tema de investigación dedicado exclusivamente a esto; además otro factor dependiente en la eficiencia puede ser la frecuencia de operación que debería variar al colocar otra olla para una baja profundidad de penetración en el material.

Se determinó que la densidad del glp butano comercial depende de varios factores uno de los mas importantes es la altitud geográfica y la temperatura ambiente; por lo que se determinó que para la ciudad de Cuenca el valor de densidad fue de 1,55 kg/m<sup>3</sup>

este valor influye en la eficiencia de los aparatos. Es decir que para otras ciudades o lugares del país este valor diferirá.

Ya que la demanda eléctrica diversificada existente fue de 1,09 KVA, y al implementar la cocina de inducción y ducha eléctrica la carga diversificada total alcanzó 7,65 KVA, se deduce que la carga diversificada subirá un 700 % por la inclusión de estos aparatos eléctricos.

Ya que la demanda eléctrica diversificada existente en un abonado tipo D analizado fue de 1,09 KVA, y al implementar solamente la cocina de inducción la carga diversificada total alcanzó 4,85 KVA, se deduce que la carga diversificada subirá un 444 % por la inclusión de la cocina de inducción.

Al analizar el dimensionamiento del transformador considerando la cocina de inducción en todos los abonados existentes; el transformador existente de 50 KVA que servía a 98 abonados se eliminó, por lo que todo el tramo se dividió en 2 partes con 2 transformadores de 100 KVA.

En los circuitos proyectados ya que los transformadores proyectados de 100KVA para su montaje requieren de una estructura con 2 postes es necesario colocar un poste adicional en cada punto de arranque del circuito, además es necesario la reubicación del transformadores y el aumento en el calibre del conductor en baja tensión en los tramos más críticos para adoptar una caída de tensión menor al 6 %. Es decir; si se quiere implementar la cocina de inducción deberá realizarse una mejora en la red de baja tensión, considerando las nuevas demandas de diseño para cada tipo de abonado, el número de abonados, el conductor existente y se deberá realizar un estudio para determinar si es necesario la repotenciación de transformadores y su reubicación, así como repotenciación de calibres de conductores existentes; para llegar a una óptima caída de tensión dependiendo si la mejora es urbana o rural.

Por el uso de la cocina de inducción y la ducha eléctrica en horarios típicos entre las 7:00 AM y 9:00 AM, entre 11:00 AM y 13:00 PM y entre las 19:00 PM y 21:00 PM, la curva de carga proyectada para un usuario tipo D podría tener una sobrecarga máxima de 6624W a las 19:00 pm con una duración de 12 minutos. Además se preverá demandas entre las 11:00 AM y 13:00 PM con valores entre los 2000 w y 4500 w con duración entre 1 a 2 horas debido al uso de la cocina de inducción en el almuerzo.

La cocina de inducción reflejó importantes ventajas a su similar de gas, ya que mensualmente ahorró 36 kwh, no es peligrosa ya que no utiliza la combustión para la cocción de alimentos, no hay peligro de muerte por inhalación de gases venenosos, presentó mayor rapidez de cocción, es fácil de limpiar. Como desventajas son que no es portable ya que necesita de instalación eléctrica por personal calificado y requiere

de cacerolas con bases ferromagnéticas es decir el costo de implementación inicial es elevado.

La ducha eléctrica presentó ventajas y desventajas en cuanto a su similar calefón a gas; como ventajas es su ahorro mensual de agua de  $7 m^3$ , su ahorro energético mensual de 288 kwh, pero como desventajas son que requiere cada cierto tiempo de un mantenimiento por reemplazo de resistencia, tiene baja cantidad de flujo de agua caliente, no puede servir para otros usos como calentamiento de agua para el lavado de platos.

Es necesario como trabajo a futuro analizar la demanda eléctrica total en las horas pico considerando los 3466737 hogares que podrán implementar masivamente la cocina de inducción y analizar la capacidad instalada proyectada con el ingreso de las nuevas centrales hidroeléctricas al anillo se analizaría si atenderán sin problemas las horas picos con estos aparatos eléctricos en los hogares Ecuatorianos, además a su vez se deberá analizar la repotenciación en todo el sistema de transmisión, subtransmisión y distribución.

Se recomienda como tema de investigación analizar todas las categorías de abonados e identificar si se necesitaría un transformador privado para abastecer las cargas a implementarse ducha eléctrica y cocina de inducción.

A causa de que en la República del Ecuador el subsidio al cilindro de gas licuado de petróleo se eliminará y si se quiere continuar con el uso del calefón a gas de 20 lts, como recomendación será utilizar un calefón de menor capacidad de agua caliente por ejemplo de 6 lts ya que su uso es doméstico y el consumo se disminuirá. Como una opción más factible se recomienda utilizar un sistema de calentamiento con energía solar ya que el mismo es autosustentable, tiene gran producción de flujo de agua caliente, puede ser híbrido en caso de no existir una adecuada radiación y es amigable con el medio ambiente, además que la demanda eléctrica no influirá en las horas pico a diferencia de la ducha eléctrica.

Para analizar la caída de tensión existente en red de baja tensión externa se deben considerar los nuevos valores de demanda de diseño sugeridos por la empresa eléctrica para la inclusión de la cocina de inducción.

No se consideró en el análisis el estudio el calefón eléctrico debido a que demanda de 13 kw y es necesario un transformador privado, además el Estado no ha incentivado aún al uso de este aparato; como trabajo a futuro se recomienda hacer un análisis de factibilidad comparándolo con el calefón a gas ya que ambos poseen gran flujo de agua caliente.

Este análisis solo se lo realizó para la cocina de inducción modelo EI-3PV de 3 focos lo que se recomendaría sería analizar para modelos más complejos; ya que nuevos diseños que hoy en día se comercializan poseen más focos y además tienen horno eléctrico que se compararía en consumo a su similar a gas.

# Referencias

- [1] INEC 2010. Fasciculo provincial del azuay. <http://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Manualateral/Resultados-provinciales/azuay.pdf>.
- [2] A. Asqui, V. G. Hidalgo, and Silvia. Criterios de diseno y normas para sistemas de distribucion para la presentacion, revision y recepcion de obras ejecutadas por ingenieros y companias electricas en libre ejercicio aplicados a la empresa electrica regional centrosur c. a. *Universidad de Cuenca*, page 218, 2011.
- [3] austrogas. Productos de austrogas. [http://www.austrogas.com.ec/index.php?option=com\\_content&view=article&id=24&Itemid=27](http://www.austrogas.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=24&Itemid=27).
- [4] Bosch. Manual de calefones bosch. <http://www.boschecuador.com/portal/html/gallery/TecnologiaCalefones-Bosch-Comfort-10-5-17-4-22-7kw-de-tiro-natural.pdf>.
- [5] Jean Callebaut. Application note induction heating. <http://www.leonardo-energy.org/sites/leonardo-energy/files/Cu0123v2.pdf>, 2011.
- [6] Centrosur. Instructivo para calificacion de electricistas para la ejecucion de instalaciones del circuito expreso para las cocinas de induccion. 2014.
- [7] Centrosur. Revision y recepcion de obras centrosur. <http://www.centrosur.com.ec/?q=revision>, 2014.
- [8] Stephen J Chapman. Maquinas electricas. *Mc Graw Hill*, (4 edicion), Mexico 2000.
- [9] Municipalidad de Cuenca. Guia oficial de cuenca. <http://www.cuenca.com.ec/cuencanew/node/3>.
- [10] Repositorio Educativo de la Comunidad Educativa Espanola. Triangulo de fuego. [http://agrega.carm.es/repositorio/01032011/dc/es-mu\\_2011030111\\_9103704/Tecnoare/are/unidades/9.1.-energia/contenidos\\_11.html](http://agrega.carm.es/repositorio/01032011/dc/es-mu_2011030111_9103704/Tecnoare/are/unidades/9.1.-energia/contenidos_11.html).

- [11] Ing. Fernando Duran. Disenos i instalaciones electricas de bt residenciales comerciales e industriales 1.4. *Universidad Politecnica Salesiana; Materia: Diseno 1.*
- [12] Ecosmart. Calentador electrico ecosmart. <http://www.h2otek.com/tienda/pdf/aguacaliente/FOLLETO.pdf>
- [13] Electrocable. Caracteristicas del cable tw. <http://electrocable.com/productos/cobre/TW.html>.
- [14] W. Gonzalez, J. Aller, S. Laszlo, and J. Horvart. Diseno y construccion de bobinas de calentamiento para hornos de induccion electromagnetica. [www.scielo.org.ve](http://www.scielo.org.ve).
- [15] Oscar Ampudia; Patricio Guerra. Analisis experimental de la eficiencia termica de calentadores de agua que utilizan combustible glp para uso domestico y comercial. *Universidad Politecnica Salesiana, 2006.*
- [16] INDURAMA. Ecimera de induccion ei-3pv. <http://www.indurama.com/Portals/default/Resources/Products/73/InfoMail/InfoMail.pdf>.
- [17] INEN. Urbanizacion. redes de distribucion de energia electrica. requisitos. *Instituto Ecuatoriano de Normalizacion, INEN.*
- [18] ISOVER. Termica en edificios capitulo 2. <http://www.ehu.es/mmtde/materiala/aislamtoedificios/isover/Termica.pdf>.
- [19] E. Lopez. Manual de instalaciones de glp; cepsa elf gas s.a. <http://www.blancogas.com/estilo/normas/bg/09-glp-cepsa.pdf>, 2001.
- [20] M. Marquez. *Combustion y Quemadores*, volume Espana. 2005.
- [21] Jesus. Mora Fraile. Maquinas electricas. *Mc Graw Hill*, (5 Edicion), Madrid 2003.
- [22] Peabody. Termotanque termotanque electrico pewh-40 / pewh-60 peabody manual. <http://sistemamid.com/preview.php?a=778>.
- [23] J. C. Piola. Preguntas y problemas frecuentes relacionados con el monoxido de carbono: Un veneno invisible. <http://www.sertox.com.ar/modules.php?name=Contentpa=showpagepid=247>.
- [24] Halliday y Krane Resnik. Fisica volumen 1. *Cecsa*, (2002).

- [25] J. Rodriguez. Introduccion a la termodinamica con aplicaciones a la ingenieria. *Universidad Tecnologica Nacional*, Tomo 2:71 p, 1995.
- [26] Matthew N. O. Sadiku. *Elementos del Electromagnetismo*, volume Mexico. 2003.
- [27] Fairchild semiconductor. Induction heating system topology review. <http://www.fairchildsemiconductor.com/an/AN/AN-9012.pdf>.
- [28] Ing. I. Guerrero Z. Ducha electrica. funcionamiento y partes. <https://iguerrero.wordpress.com/2011/01/11/ducha-electrica-funcionamiento-y-partes/>.



Apéndice A

**DISEÑO ELÉCTRICO**



## Apéndice B

# NORMATIVA PARA LA EJECUCIÓN DEL CIRCUITO EXPRESO PARA LAS COCINAS DE INDUCCIÓN

### B.1. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MATERIALES

#### B.1.0.1. Canalizaciones [6]

Los sistemas de canalización y materiales empleados en ellos deberán ser adecuados para la ejecución de la instalación desde el punto de conexión hasta el tomacorriente, los sistemas de canalización deberán presentar la protección adecuada a los conductores contra intemperie. Se recomienda evitar, en lo posible, la mezcla de canalizaciones de ductos metálicos con ductos no metálicos. En cada caja de derivación, de enchufes o de interruptores, deberán dejarse chicotes, de por lo menos 15 cm de largo, para ejecutar la unión respectiva. En los tableros se dejará un exceso de por lo menos 60 cm. Todo ducto debe ser continuo entre accesorio y accesorio y entre caja y caja.

Las canalizaciones eléctricas deben colocarse retiradas a no menos de 15 cm de ductos de calefacción, conductos, ductos de escape de gases o aire caliente. Las canalizaciones eléctricas no podrán ubicarse en un conducto común con tuberías de gas o combustible. Podrán usarse como medio de canalización eléctrica tuberías y accesorios de material no metálico adecuado para soportar la acción de la humedad y agentes químicos. Si se usan en canalizaciones a la vista u ocultas, deberán ser de tipo incombustible o auto extingible resistente a los impactos, a las compresiones y a las deformaciones debidas a los efectos del calor. Las canaletas plásticas porta

conductores, para usos habitacionales o similares, son perfiles de material plástico o similar, de sección rectangular u otra, de tapa removible, que en conjunto con sus aparatos y accesorios forman un sistema completo de canalización. Su sistema de ajuste y cierre será tal que ninguno de sus componentes podrá ser removido sin ayuda de una herramienta. Tanto en uniones como en derivaciones o cambios de dirección de la canalización, sólo podrán usarse los accesorios apropiados como componentes del sistema para estas funciones. Queda prohibido solucionar alguna de estas condiciones mediante cortes del perfil principal y adaptaciones de forma para evitar el uso de los citados accesorios.



Figura B.1: Canaletas para circuito expreso, cajetines y accesorios para instalación sobrepuesta. Fuente: [6]

### B.1.0.2. Conductores.[6]

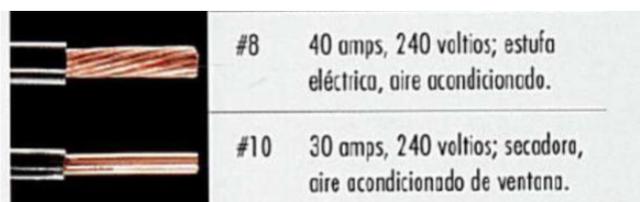
Los conductores empleados en las instalaciones serán de cobre. Las uniones y derivaciones se aislarán convenientemente, debiendo recuperar al menos un nivel de aislamiento equivalente al propio del conductor, utilizando para ello cintas aislantes, mufas de resinas epóxicas, cubiertas termoretráctiles o mecanoretráctiles u otros medios, estas deberán realizarse en cajetines para su revisión, bajo ningún concepto se aceptará uniones o empalmes en las canalizaciones y uniones sometidas a tensiones mecánicas. Los conductores del cableado interno deberán cumplir el código de colores vigente, los conductores de una canalización eléctrica se identificarán según el siguiente Código de Colores:

- Conductor de la fase 1 azul
- Conductor de la fase 2 negro
- Conductor de la fase 3 rojo
- Conductor de neutro blanco
- Conductor de tierra verde.

Los calibres de los conductores para fase, neutro y tierra serán de la misma sección. La capacidad de los circuitos se fijará en función de la capacidad nominal de los aparatos de protección de ellos.

El circuito para la cocina de inducción será exclusivo y partirá desde el centro de distribución o tablero de medición (según corresponda), este será realizado para servir a un nivel de voltaje de 220V – 240V y estará conformado por, dos conductores para las fases y un conductor para la tierra, en caso de existir conductores adicionales se realizará de acuerdo al código de colores, y conexión de la cocina. Podrán utilizarse cables multiconductores o cables unipolares agrupados y adecuadamente sujetos mediante amarras plásticas. Todo conductor que se instale en cualquier tipo de ducto, cuya sección sea superior al No. 10 AWG, deberá ser del tipo cableado.

El circuito para la ducha eléctrica será exclusivo y partira desde el centro de distribución o tablero de medición y tendra u nivel de tensión de 127v. Estará conformado por, dos conductores uno para fase y neutro y un conductor para la tierra, en caso de existir conductores adicionales se realizará de acuerdo al código de colores. Podrán utilizarse cables multiconductores o cables unipolares agrupados y adecuadamente sujetos mediante amarras plásticas. Todo conductor que se instale en cualquier tipo de ducto, cuya sección sea superior al No. 10 AWG, deberá ser del tipo cableado.



#8	40 amps, 240 voltios; estufa eléctrica, aire acondicionado.
#10	30 amps, 240 voltios; secadora, aire acondicionado de ventana.

Figura B.2: Capacidad de conducción de corriente de conductores.Fuente: [6]

Los calibres de los conductores para los circuitos de las cocinas de inducción estarán dimensionados de acuerdo a la potencia instalada de cada cocina.

### B.1.0.3. Tomacorrientes[6]

Los tomacorrientes se instalarán en puntos fácilmente accesibles y su altura de montaje estará comprendida entre 0,20 y 0,80 m, desde el suelo, se aceptarán alturas superiores a la prescrita en ambientes o montajes especiales. Cuando se instala sobre mesones de cocina, se deberá colocar los tomacorrientes a una altura mínima de 0,10 m del mesón.

Los tomacorrientes deberán ser para niveles de voltaje de 220 – 240V bifásicos según la conexión de la cocina de inducción, deberán tener una capacidad corriente

dependiendo de la potencia de la cocina a instalar y su nivel de aislamiento para 600V, para cualquier caso el tomacorriente deberá disponer de conexiones para dos fases y tierra. Los tomacorrientes serán instalados sobrepuestos en sus respectivos cajetines de montaje.



Figura B.3: Tomacorrientes a ser instalados de acuerdo a capacidad de los cocinas. Fuente: [6]

#### B.1.0.4. Protecciones

Los circuitos para la cocina de inducción deberán tener la protección eléctrica tanto para la sobrecarga como al cortocircuito, por lo que se colocarán protectores termomagnéticos, estos podrán ser para riel Din 35mm o enchufables en centro de distribución plug on.

Los circuitos se protegerán a la sobrecarga de acuerdo a la potencia utilizada en cada circuito, estando limitada la protección máxima por la capacidad de transporte de corriente de los conductores. En alimentadores que lleven un conductor de puesta a tierra y neutro no deberán colocarse protecciones en estos conductores.

Cada circuito deberá tener un dispositivo individual de operación y su actuación será simultánea de tal manera que la interrupción por accionamiento de sobrecarga y cortocircuito interrumpa todas las fases o conductores energizados que llegan al equipo, es decir se instalarán solo protectores termomagnéticos bipolares. A continuación en la tabla B.1 con las características técnicas de dimensionamiento de circuitos y elementos de la instalación del circuito expreso para los diferentes tipos de cocinas. Se unifica la instalación del circuito en el caso de las dos tipos de cocinas del programa de cocción, dos y cuatro fuentes de inducción sin horno, sin embargo para la cocina de cuatro fuentes de inducción con horno se realiza otro dimensionamiento del circuito.

Tipo de Cocina de inducción.	Corriente a 220V	Conductor a utilizar AWG Cu	Protección termomagnética	Opción de tomacorriente
Dos fuentes de inducción	15 (A)	10	30 (A)	(A) 30A -600V
Cuatro fuentes de inducción	30 (A)	10	30 (A)	(A) 30A - 600V
Cuatro fuentes de inducción más horno	40 (A)	8	40 (A)	(B) 50A – 600V

Cuadro B.1: Dimensionamiento de conductores, protecciones y tomacorriente. Fuente[6]

### B.1.0.5. Tableros o Centros de Distribución.

Los tableros o centros de distribución son equipos eléctricos de una instalación, que concentran dispositivos de protección y de maniobra, desde los cuales se puede proteger y operar toda la instalación o parte de ella y deben proveer un alto nivel de seguridad y confiabilidad en la protección de personas e instalaciones. Los centros de distribución deben permitir dar respuesta adecuada a las especificaciones técnicas de cada proyecto capacidad de acuerdo a cada equipo.

Todos los tableros deberán contar con una cubierta o puerta exterior. Las partes energizadas de un tablero sólo podrán alcanzarse removiendo la cubierta cubre equipos. Los elementos de operación de las protecciones o dispositivos de maniobra sólo serán accesibles abriendo la puerta exterior la que deberá permanecer cerrada. Los tableros podrán ser montados empotrados o sobrepuestos en una pared si son de baja o mediana capacidad, tamaño y peso, se considerara que los centros de distribución deberán disponer de al menos 4 polos con la finalidad de a futuro considerar el incremento de otro circuito interior para el caso de calentamiento de agua.

### B.1.0.6. Cajetines

Los cajetines en donde se instalaran los tomacorrientes, deberán ser de plástico de los tamaños adecuados para cada tipo de tomacorriente, estos deberán ser instalados sobrepuestos o empotrados.



Figura B.4: Cajetines eléctricos para la instalación de tomacorrientes.Fuente: [6]

### B.1.0.7. Sistemas de puesta a tierra.

Las instalaciones de puesta a tierra del circuito expreso deberán realizarse sin excepción alguna considerando lo siguiente: - La conexión del conductor de tierra del circuito expreso deberá realizarse a la conexión de tierra principal de la vivienda, garantizando la equipotencialidad de la conexión, no se permitirá la colocación de una tierra independiente para la cocina de inducción.

- La conexión del conductor a tierra se la realizará en el mismo lugar donde se conectan las fases, es decir conductor de tierra ubicado en el tablero secundario de distribución o en caso de no existir tableros de distribución en el tablero general de medición. - En caso de que no exista instalación a tierra general de la vivienda, se deberá realizar la instalación en tablero general del medidor y conectar el neutro del sistema de medición a tierra conjuntamente con el conductor a tierra del circuito expreso.

### B.1.0.8. Tubería.

Los conductores alojados por encima del cielo raso y dentro de las paredes se alojarán dentro de tubería tipo PVC, de diámetros adecuados según lo establecen las normas correspondientes de acuerdo al calibre y número de conductores alojados al interior de la tubería, debiendo utilizarse para su instalación los accesorios adecuados. Para el cálculo de diámetro de la tubería se citara la fórmula:

$$F = \frac{a}{A} \quad (\text{B.1})$$

donde:

F: es el factor de relleno (%).

a: es el área total del conductor alambre mas aislamiento ( $mm^2$ ).

A: es la sección interior del tubo ( $mm^2$ ).[11]

Los factores establecidos de factores de relleno son como se muestra en la tabla B.2 :

Factor de Relleno F	Número de conductores
53 %	1
31 %	2
43 %	3
40 %	4 o más

Cuadro B.2: Factores de relleno de acuerdo al número de conductores.[11]

Las curvaturas que se efectúen deberán tener un radio lo suficientemente amplio, de tal modo que permita cablear los conductores sin ocasionar daño y con un máximo de dos curvaturas entre cajetines.



## Apéndice C

# CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSION EXTERNA

La caída de tensión externa se considera desde el transformador de distribución en Baja Tensión hacia el Tablero General de Medición ubicado en el inmueble, según los requerimientos de la Centrosur la caída de tensión para el área urbana (debido a localización del departamento en la ciudad) es del 6 %. [7]

“Para el cálculo de la caída de tensión se emplearán los valores de Factor de caída de Voltaje (FDV) característico de cada una de las combinaciones de conductores de fase y neutro, definido como el producto de la potencia en KVA y la longitud en metros para obtener 1 % de caída de tensión. Estos valores se tabulan en el apéndice D1.

La secuencia a seguir para determinar la caída de tensión y su verificación a fin de mantener su valor dentro del límite preestablecido, se describe a continuación, referenciado al formato tipo mostrado en el apéndice D2.

1. Consignar los datos generales del proyecto e identificar el centro de transformación considerado en los espacios previstos en la parte superior del formato.
2. Representar en el espacio previsto, el esquema del circuito que contenga la siguiente información:
  - Numeración de los postes y puntos de derivación, en secuencia a partir de los terminales del transformador.
  - Distancias en metros de los puntos numerados, obtenidos del GIS<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>GIS: Contiene la información general de las Redes Eléctricas propiedad de la CentroSur acompañada de la cartografía.

- Número de consumidores derivados de cada uno de los postes.
- El número total de abonados que incide sobre cada uno de los tramos considerado como la suma desde los mismos vistos desde la fuente hacia el extremo del circuito en la sección correspondiente.

3. Consignar los datos y los resultados en la planilla representada a continuación del esquema en el siguiente orden:

- Columna 1 y 2 Referenciar el tramo, por la numeración de sus puntos extremos.
- Columna 3 anotar la longitud del tramo en metros.
- Columna 4 anotar el número de consumidores que inciden en el tramo, considerando para ello todos los consumidores que inciden en el tramo, considerando para ello todos los consumidores localizados desde el punto inicial del tramo inclusive, hacia el extremo del circuito opuesto al transformador.
- Columna 5 Anotar la carga del alumbrado público.
- Columna 6 En base al número de abonados Apéndice D3, establecer el valor de la demanda de diseño (DD) correspondiente al tramo y luego anotarlo; pero si se considera el uso de la cocina de inducción para los tramos se deberá establecer el valor de la demanda de diseño (DD) en base al número de abonados correspondiente al apéndice D4.
- Columna 7: Consignar para cada tramo o para el circuito total, el número de fases y de conductores previsto, utilizando la notación siguiente:
  - 3F4C para 3 fases y 4 conductores.
  - 1F3C para monofásico a 3 conductores.
  - 1F2C para monofásicos a 2 conductores.
- Columna 8: anotar el tamaño del conductor preseleccionado.
- Columna 9: anotar el valor de FDV, del anexo D1, para el conductor correspondiente.

- Columna 10: Consignar el valor del producto de la longitud del tramo (C3) por la suma de la demanda en KVA (C6) mas la potencia de alumbrado público (C6) también en KVA. Para esto se divide la potencia en kW por el factor de potencia de la luminaria utilizada.
- Columna 11: anotar el cociente del momento calculado para el tramo (C10) por el momento característico del conductor (C9) que representa la caída de tensión parcial en el tramo expresado en porcentaje del valor nominal.
- Columna 12: consignar la sumatoria de los valores de caída de tensión siguiendo el camino mas desfavorable para llegar desde el extremo mas alejado del circuito a los terminales del transformador, el total representa la caída máxima de voltaje, valor que deberá ser en todo caso igual o menor que el límite admisible.
- Columna 13: anotar la caída máxima de tensión.”[2]



# Apéndice D

## TABLAS PARA EL CÁLCULO DE LA CAÍDA DE TENSIÓN

### D.1. Valores de FDV para baja tensión

Figura D.1: Valores de FDV para baja Tensión. Fuente: Centrosur.

CARACTERÍSTICAS DEL CONDUCTOR								Kva x metro para la caída de tensión					
Calibre		Resistencia 50°C Ω/km		Reactancia D=1,2m F=60Hz		$\sigma = R \cos(\delta) + x \sin(\delta)$ $\cos(\delta) = 0.9$			Circuito trifásico		Circuito monofásico		
Fase	Neutro	Fase	Neutro	Fase	Neutro	1F3C 3F4C	1F2C F=N	1F2C F=Ñ	220V 127 V	208V 120 V	1F3C	1F2C F=N	1F2C F=Ñ
<b>CONDUCTOR 5005</b>													
4	4	1.529	1.529	0.406	0.406	1.553	3.106	3.106	312	278	185	46	46
2	4	0.963	1.529	0.377	0.406	1.031	2.062	2.584	469	419	279	70	56
1/0	4	0.605	1.529	0.356	0.406	0.700	1.399	2.253	692	617	412	103	64
2/0	2	0.479	0.963	0.347	0.377	0.582	1.165	1.613	831	742	495	124	89
3/0	2	0.384	0.963	0.338	0.377	0.493	0.986	1.524	982	876	584	146	94
4/0	1/0	0.302	0.605	0.334	0.356	0.417	0.835	1.117	1.159	1.035	690	172	129
<b>CONDUCTOR 5201 ACS</b>													
4	4	1.750	1.750	0.407	0.407	1.752	3.505	3.505	276	247	164	41	41
2	4	1.100	1.750	0.378	0.407	1.155	2.310	2.907	419	374	249	62	50
1/0	4	0.690	1.750	0.359	0.407	0.778	1.555	2.530	622	556	370	93	57
2/0	2	0.550	1.100	0.352	0.373	0.648	1.297	1.801	746	666	444	111	80
3/0	2	0.440	1.100	0.343	0.378	0.546	1.091	1.700	887	792	528	132	85
4/0	1/0	0.350	0.690	0.335	0.359	0.461	0.972	1.239	1.049	937	625	156	116
<b>CONDUCTOR COBRE</b>													
8	8	2.362	2.362	0.434	0.434	2.315	4.630	4.630	209	187	124	31	31
6	8	1.485	2.362	0.416	0.434	1.518	3.036	3.833	319	285	190	47	38
6	6	1.485	1.485	0.416	0.416	1.518	3.036	3.036	319	285	190	47	47
4	4	0.943	0.943	0.393	0.393	1.020	2.040	2.040	474	424	282	71	71
2	4	0.599	0.943	0.377	0.393	0.703	1.407	1.724	688	614	401	102	84
1/0	4	0.377	0.943	0.360	0.393	0.496	0.993	1.516	975	871	580	145	95
2/0	2	0.299	0.599	0.351	0.377	0.422	0.844	1.126	1.146	1.023	682	171	128
3/0	2	0.237	0.599	0.342	0.377	0.362	0.725	1.066	1.335	1.192	795	199	135
4/0	1/0	0.188	0.377	0.333	0.360	0.314	0.629	0.811	1.539	1.374	910	229	178
<b>ACSR</b>													
4	4	1.597	1.597	0.430	0.430	1.625	3.250	3.250	298	266	177	44	44
2	4	1.050	1.597	0.434	0.430	1.134	2.268	2.759	427	381	254	63	52
1/0	4	0.696	1.597	0.428	0.430	0.813	1.626	2.438	595	531	351	89	59
2/0	2	0.556	1.050	0.419	0.434	0.683	1.366	1.817	708	632	420	105	79
3/0	2	0.449	1.050	0.406	0.434	0.581	1.162	1.715	833	743	495	124	84
4/0	1/0	0.368	0.696	0.382	0.428	0.498	0.996	1.311	972	868	570	145	110



### D.3. Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados sin la consideración de la cocina de inducción

Estos valores están considerados sin el incremento de la carga con cocina de inducción.

Figura D.3: Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados. Fuente: Centrosur.

SECTOR	URBANO					RURAL		
AREA (m <sup>2</sup> )	>400	400-300	300-200	200-100	<100	PERIFÉRICO	CENTRO	RURAL
CATEGORÍA	A	B	C	D	E	F	G	H
Nº Ab η	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
1	7.47	3.93	2.23	1.36	0.94	1.02	0.84	0.65
2	14.04	7.38	4.19	2.56	1.77	1.92	1.58	1.22
3	20.30	10.68	6.06	3.70	2.55	2.77	2.28	1.77
4	26.38	13.88	7.87	4.80	3.32	3.60	2.97	2.30
5	32.31	17.00	9.65	5.88	4.07	4.41	3.63	2.81
6	38.15	20.07	11.39	6.94	4.80	5.21	4.29	3.32
7	43.89	23.09	13.10	7.99	5.52	5.99	4.94	3.82
8	49.56	26.07	14.80	9.02	6.24	6.77	5.57	4.31
9	55.17	29.06	16.47	10.04	6.94	7.53	6.20	4.80
10	60.72	31.94	18.13	11.05	7.64	8.29	6.83	5.28
11	66.22	34.84	19.77	12.06	8.33	9.04	7.45	5.76
12	71.68	37.71	21.40	13.05	9.02	9.79	8.06	6.24
13	77.09	40.56	23.01	14.04	9.70	10.53	8.67	6.71
14	82.47	43.39	24.62	15.01	10.38	11.26	9.27	7.18
15	87.81	46.20	26.21	15.99	11.05	11.99	9.87	7.64
16	93.13	48.99	27.80	16.95	11.72	12.72	10.47	8.10
17	98.41	51.77	29.38	17.92	12.38	13.44	11.07	8.56
18	103.66	54.54	30.95	18.87	13.04	14.15	11.66	9.02
19	108.89	57.29	32.51	19.82	13.70	14.87	12.24	9.47
20	114.09	60.02	34.06	20.77	14.36	15.58	12.83	9.93
21	119.27	62.75	35.61	21.71	15.01	16.29	13.41	10.38
22	124.43	65.46	37.15	22.65	15.66	16.99	13.99	10.83
23	129.57	68.17	38.68	23.59	16.30	17.69	14.57	11.27
24	134.68	70.86	40.21	24.52	16.95	18.39	15.15	11.72
25	139.78	73.54	41.73	25.45	17.59	19.09	15.72	12.16
26	144.86	76.21	43.24	26.37	18.23	19.78	16.29	12.60
27	149.92	78.87	44.76	27.29	18.87	20.47	16.86	13.05
28	154.97	81.53	46.26	28.21	19.50	21.16	17.43	13.48
29	159.99	84.17	47.76	29.13	20.13	21.85	17.99	13.92
30	165.01	86.81	49.26	30.04	20.76	22.53	18.55	14.36
31	170.00	89.44	50.75	30.95	21.39	23.21	19.12	14.79
32	174.99	92.06	52.24	31.86	22.02	23.89	19.68	15.23
33	179.96	94.68	53.72	32.76	22.65	24.57	20.24	15.66
34	184.91	97.28	55.20	33.67	23.27	25.25	20.79	16.09
35	189.86	99.88	56.68	34.57	23.89	25.92	21.35	16.52
36	194.79	102.48	58.15	35.46	24.51	26.60	21.90	16.95
37	199.70	105.06	59.62	36.36	25.13	27.27	22.46	17.38
38	204.61	107.65	61.08	37.25	25.75	27.94	23.01	17.80
39	209.50	110.22	62.54	38.14	26.36	28.61	23.56	18.23
40	214.39	112.79	64.00	39.03	26.98	29.27	24.11	18.65
41	219.26	115.35	65.45	39.92	27.59	29.94	24.66	19.08
42	224.12	117.91	66.91	40.80	28.20	30.60	25.20	19.50
43	228.97	120.46	68.35	41.69	28.81	31.26	25.75	19.92
44	233.81	123.01	69.80	42.57	29.42	31.93	26.29	20.34
45	238.64	125.55	71.24	43.45	30.03	32.59	26.84	20.77
46	243.46	128.09	72.68	44.32	30.64	33.24	27.38	21.18
47	248.27	130.62	74.12	45.20	31.24	33.90	27.92	21.60

#### **D.4. Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados considerando la cocina de inducción**

Estos valores están considerados con el incremento de la carga con cocina de inducción.

Figura D.4: Valores de Demanda de Diseño según la categoría y el número de abonados considerando la cocina de inducción. Fuente: Centrosur.

SECTOR	URBANO					RURAL		
AREA (m <sup>2</sup> )	>400	400-300	300-200	200-100	<100	PERIFERICO	CENTRO	RURAL
CATEGORIA	A	B	C	D	E	F	G	H
N Abonados/n	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
1	7,47	4,37	3,52	3,08	2,87	2,91	2,82	2,73
2	14,04	8,20	6,60	5,79	5,39	5,47	5,30	5,12
3	20,30	11,86	9,55	8,37	7,80	7,91	7,66	7,41
4	26,38	15,41	12,41	10,87	10,13	10,27	9,96	9,62
5	32,31	18,88	15,21	13,32	12,41	12,59	12,20	11,79
6	38,15	22,29	17,95	15,73	14,66	14,86	14,40	13,92
7	43,89	25,65	20,65	18,10	16,86	17,10	16,57	16,01
8	49,56	28,96	23,32	20,43	19,04	19,31	18,71	18,08
9	55,17	32,24	25,96	22,75	21,20	21,49	20,83	20,12
10	60,72	35,48	28,57	25,04	23,33	23,65	22,92	22,15
11	66,22	38,69	31,16	27,30	25,44	25,80	25,00	24,16
12	71,68	41,88	33,73	29,55	27,54	27,92	27,06	26,15
13	77,09	45,05	36,28	31,79	29,62	30,03	29,10	28,12
14	82,47	48,19	38,81	34,00	31,69	32,13	31,13	30,08
15	87,81	51,31	41,32	36,21	33,74	34,21	33,15	32,03
16	93,13	54,42	43,82	38,40	35,78	36,28	35,16	33,97
17	98,41	57,50	46,31	40,58	37,81	38,34	37,15	35,90
18	103,66	60,57	48,78	42,74	39,83	40,38	39,13	37,82
19	108,89	63,63	51,24	44,90	41,84	42,42	41,11	39,72
20	114,09	66,67	53,69	47,04	43,83	44,45	43,07	41,62
21	119,27	69,70	56,12	49,18	45,82	46,46	45,03	43,51
22	124,43	72,71	58,55	51,30	47,81	48,47	46,97	45,39
23	129,57	75,71	60,97	53,42	49,78	50,47	48,91	47,26
24	134,68	78,70	63,37	55,53	51,75	52,47	50,84	49,13
25	139,78	81,68	65,77	57,63	53,70	54,45	52,77	50,99
26	144,86	84,65	68,16	59,73	55,66	56,43	54,69	52,84
27	149,92	87,60	70,55	61,81	57,60	58,40	56,60	54,69
28	154,97	90,55	72,92	63,89	59,54	60,37	58,50	56,53
29	159,99	93,49	75,28	65,97	61,47	62,33	60,40	58,36
30	165,01	96,42	77,64	68,03	63,40	64,28	62,29	60,19
31	170,00	99,34	80,00	70,10	65,32	66,23	64,18	62,02
32	174,99	102,25	82,34	72,15	67,23	68,17	66,06	63,83
33	179,96	105,16	84,68	74,20	69,14	70,10	67,94	65,65
34	184,91	108,05	87,01	76,24	71,04	72,03	69,81	67,45
35	189,86	110,94	89,34	78,28	72,94	73,96	71,67	69,26
36	194,79	113,82	91,66	80,31	74,84	75,88	73,53	71,06
37	199,70	116,69	93,97	82,34	76,73	77,80	75,39	72,85
38	204,61	119,56	96,28	84,36	78,61	79,71	77,24	74,64
39	209,50	122,42	98,58	86,38	80,49	81,61	79,09	76,42
40	214,39	125,27	100,88	88,39	82,37	83,52	80,93	78,21
41	219,26	128,12	103,17	90,40	84,24	85,41	82,77	79,98
42	224,12	130,96	105,46	92,41	86,11	87,31	84,61	81,76
43	228,97	133,80	107,74	94,41	87,97	89,20	86,44	83,53
44	233,81	136,62	110,02	96,40	89,83	91,08	88,27	85,29
45	238,64	139,45	112,29	98,40	91,69	92,96	90,09	87,05
46	243,46	142,26	114,56	100,38	93,54	94,84	91,91	88,81
47	248,27	145,08	116,82	102,37	95,39	96,72	93,73	90,57
48	253,08	147,88	119,08	104,35	97,23	98,59	95,54	92,32
49	257,87	150,68	121,34	106,32	99,07	100,45	97,35	94,07
50	262,65	153,48	123,59	108,30	100,91	102,32	99,15	95,81



## Apéndice E

# ENCUESTA DE HÁBITOS ENERGÉTICOS EN EL HOGAR

1. Indique el número de personas habitan en su vivienda: \_\_\_\_\_
2. Su vivienda es... Propia  Arrendada
3. Su vivienda esta ubicada en: Localidad: \_\_\_\_\_, Cantón: \_\_\_\_\_,  
Provincia: \_\_\_\_\_

4. Cuál es su gasto mensual promedio por energía eléctrica. \_\_\_\_\_
5. ¿Qué tipo de cocina utiliza? Gas  Eléctrica  Otra  ¿Cuál? \_\_\_\_\_

6. En el caso de tener cocina a gas, indique cada cuántos días cambia de cilindro de gas y su tamaño Indicar el número de días \_\_\_\_\_ Bombona de: \_\_\_\_\_ kg  
Observaciones: \_\_\_\_\_

7. ¿De qué material mayoritariamente son las ollas que utiliza? Aluminio  Acero Inoxidable  Hierro enlozado  Otra  ¿Cuál? \_\_\_\_\_

### 8. Horarios de utilización de la cocina

N° de Utilización	Desde (hora)	Hasta (hora)	Número de hornillas utilizadas
1ra vez			
2da vez			
3ra vez			
4ta vez			
5ta vez			

9. El agua con la que se ducha es... Fría  ó Caliente
10. ¿Qué artefacto utiliza para calentar el agua de su ducha? Calefón eléctrico   
Calefón a gas  Ducha eléctrica  Otros  ¿Cuál? \_\_\_\_\_
11. En el caso de utilizar calefón a gas, indique cada cuántos días cambia de cilindro de gas y su tamaño Indique el número de días Bombona de: \_\_\_\_\_ kg  
Observaciones: \_\_\_\_\_

12. Indique el número de veces que usted se ducha a la semana: \_\_\_\_\_

13. Al tomar una ducha, ¿Cuál es su horario preferido y la duración de la misma?

Miembro familiar	1	2	3	4	5	6	7
Indique la hora a la que prefiere ducharse							
Indique el tiempo que le toma ducharse							

14. Al lavar los platos utiliza agua caliente: si , no

15. Horarios de utilización del lavado de platos días normales Lunes a Domingo

N° de Utilización	Desde (hora)	Hasta (hora)
1ra vez		
2da vez		
3ra vez		
4ta vez		
5ta vez		