



REPÚBLICA DEL ECUADOR

Escuela Politécnica Nacional

" E S C I E N T I A H O M I N I S S A L U S "

La versión digital de esta tesis está protegida por la Ley de Derechos de Autor del Ecuador.

Los derechos de autor han sido entregados a la "ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL" bajo el libre consentimiento del (los) autor(es).

Al consultar esta tesis deberá acatar con las disposiciones de la Ley y las siguientes condiciones de uso:

- Cualquier uso que haga de estos documentos o imágenes deben ser sólo para efectos de investigación o estudio académico, y usted no puede ponerlos a disposición de otra persona.
- Usted deberá reconocer el derecho del autor a ser identificado y citado como el autor de esta tesis.
- No se podrá obtener ningún beneficio comercial y las obras derivadas tienen que estar bajo los mismos términos de licencia que el trabajo original.

El Libre Acceso a la información, promueve el reconocimiento de la originalidad de las ideas de los demás, respetando las normas de presentación y de citación de autores con el fin de no incurrir en actos ilegítimos de copiar y hacer pasar como propias las creaciones de terceras personas.

Respeto hacia si mismo y hacia los demás.

(Ing.) ELÉCTRICO

Nombre(s): NANCY MARGOTH ESPÍN SÁNCHEZ

Noviembre, 2009

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

FOCALIZACIÓN DEL SUBSIDIO AL GAS, IMPACTO
SOBRE LA DEMANDA ELÉCTRICA Y EN LA
EXPANSIÓN DE GENERACIÓN DEL SISTEMA
NACIONAL INTERCONECTADO (SNI)

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO ELÉCTRICO

NANCY MARGOTH ESPÍN SÁNCHEZ

DIRECTOR: DR. HUGO ARCOS

Quito, Noviembre 2009

DECLARACIÓN

Yo, NANCY MARGOTH ESPÍN SÁNCHEZ, declaro que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en el documento.

La Escuela Politécnica Nacional puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la ley, reglamento de propiedad intelectual y normatividad institucional vigente.

NANCY MARGOTH ESPÍN SÁNCHEZ

CERTIFICACIÓN

Yo, Dr. Hugo Arcos, certifico que este trabajo fue desarrollado bajo mi supervisión por la señorita Nancy Margoth Espín Sánchez, en su totalidad.

Dr. Hugo Arcos
DIRECTOR DEL PROYECTO

DEDICATORIA

A mis padres Alcides y Gloria, por su incesable sacrificio, por ser ejemplo de vida y superación y por cada uno de sus sabios consejos.

A mis hermanas Mirian, Verónica, Anita y Ximena por el apoyo incondicional y por haber compartido juntas los más lindos momentos en los que nos hemos demostrado que a más de ser hermanas somos amigas.

A los amigos que conseguí en el transcurso de mi carrera y con los que he compartido buenos y malos momentos.

Nancy Espín Sánchez.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer de todo corazón a Dios por darme la vida y colmarme de bendiciones.

A mis queridos padres Alcides y Gloria quienes con paciencia y amor me enseñaron a enfrentar los retos que la vida me ponga y sobre todo a luchar por lo que quiero.

A todas las personas de la Dirección de Planificación del CONELEC quienes me apoyaron en el desarrollo de este trabajo. En especial a los Ingenieros: Iván Velastegui y Daniel Guerrero.

Al Dr. Hugo Arcos por la acertada dirección de este proyecto.

Al Ing. Santiago Chamba por proporcionarme la información para el desarrollo de mi tesis.

Finalmente agradezco a todos los profesores de la carrera de Ingeniería Eléctrica que me han enseñado no solo números y ciencia si no también a ser una buena persona.

Nancy Espín Sánchez.

INDICE DE CONTENIDOS

<u>DECLARACIÓN.....</u>	<u>2</u>
<u>CERTIFICACIÓN.....</u>	<u>3</u>
<u>DEDICATORIA.....</u>	<u>4</u>
<u>AGRADECIMIENTOS</u>	<u>5</u>
<u>1. INTRODUCCIÓN.....</u>	<u>9</u>
1.1 TÍTULO DEL PROYECTO.....	9
1.2 OBJETIVOS.....	9
1.3 RESULTADOS PRINCIPALES.....	10
1.4 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO	10
<u>2. ANÁLISIS DE LOS CONSUMOS ENERGÉTICOS</u>	<u>12</u>
2.1 CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA.....	12
2.1.1 CONSUMO RESIDENCIAL	13
2.1.1.1 Usos finales de la energía.....	15
2.1.1.1.1 <i>Región costa</i>	15
2.1.1.1.2 <i>Región Sierra</i>	16
2.1.2 CONSUMO COMERCIAL.....	17
2.1.2.1 Usos finales de la energía.....	18
2.1.2.1.1 <i>Región costa</i>	18
2.1.2.1.2 <i>Región Sierra</i>	19
2.1.3 CONSUMO INDUSTRIAL	20
2.1.3.1 Usos finales de la energía.....	21
2.2 CONSUMO DE GLP.....	22
2.2.1 CONSUMO DOMÉSTICO	24
2.2.1.1 Cocinas	29
2.2.1.1.1 FUNCIONAMIENTO	30
2.2.1.2 Calefones.....	34
2.2.2 CONSUMO COMERCIAL.....	35
2.2.3 CONSUMO INDUSTRIAL	35
2.3 FUGA POR LAS FRONTERAS	36
2.3.1 CONTROL PARA EVITAR EL CONTRABANDO DE GLP.....	37

<u>3. METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA SUSTITUCIÓN ENERGÉTICA.....</u>	<u>39</u>
3.1 EL SECTOR ELÉCTRICO ECUATORIANO	40
3.1.1 MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA.....	41
3.1.2 GENERACIÓN.....	43
3.1.3 TRANSMISIÓN	44
3.1.4 DISTRIBUCIÓN.....	45
3.2 PLAN MAESTRO DE ELECTRIFICACIÓN 2007 – 2016	47
3.2.1 ANTECEDENTES.....	47
3.2.2 LA PLANIFICACIÓN FRENTE A UN NUEVO MODELO DEL SECTOR.....	50
3.2.2.1 Perspectivas en la Generación.....	51
3.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA CONSIDERANDO LA FOCALIZACIÓN DEL SUBSIDIO AL GAS	53
3.3.1 PROYECCIÓN NORMAL DE LA DEMANDA.....	57
3.3.2 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA CON SUBSIDIO AL GAS ÚNICAMENTE PARA LOS BENEFICIARIOS DEL BONO DE DESARROLLO HUMANO.	62
3.3.2.1 Evolución de la tarifa de energía eléctrica.	63
3.3.3 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA CON SUBSIDIO AL GAS ÚNICAMENTE PARA LOS BENEFICIARIOS DEL BONO DE DESARROLLO HUMANO Y UN INCREMENTO GRADUAL EN EL COSTO DEL ENEGÉTICO	73
3.3.3.1 Curva de carga diaria.....	80
<u>4. OPTIMIZACION DE LA EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN.....</u>	<u>82</u>
4.1 EXPANSIÓN DE LA GENERACIÓN PARA LA PROYECCIÓN DE LA ENERGÍA CON SUBSIDIO AL GAS ÚNICAMENTE PARA LOS BENEFICIARIOS DEL BONO DE DESARROLLO HUMANO.	93
4.1.1 CON IMPORTACIÓN.....	94
4.1.2 SIN IMPORTACIÓN.....	96
4.2 EXPANSION DE LA GENERACION PARA LA PROYECCIÓN DE ENERGÍA CON SUBSIDIO AL GAS ÚNICAMENTE PARA LOS BENEFICIARIOS DEL BONO DE DESARROLLO HUMANO Y UN INCREMENTO GRADUAL EN EL COSTO DEL ENERGÉTICO.....	98
4.2.1 CON IMPORTACIÓN.....	98
4.2.2 SIN IMPORTACIÓN.....	100
<u>5. ANALISIS DE RESULTADOS.</u>	<u>106</u>
5.1 PLAN DE EXPANSIÓN ÓPTIMO.....	107
5.1.1 ESCENARIO 1.....	107
5.1.2 ESCENARIO 2.....	110
5.2 COSTO DE INVERSIÓN	113
5.2.1 ESCENARIO 1.....	113
5.2.2 ESCENARIO 2.....	114
5.3 AHORROS EN SUBSIDIO	114

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 116

6.1 CONCLUSIONES..... 116

6.2 RECOMENDACIONES..... 118

ANEXOS

ANEXO 2.1.- Modelo de Encuesta	123
ANEXO 2.2.- Comportamiento de la potencia en cocción y calentamiento de agua para cada quintil	125
ANEXO 3.1.- Ahorro económico de cada quintil (Escenario 1)	130
ANEXO 3.2.- Análisis con el factor de coincidencia (Escenario 1)	136
ANEXO 3.3.- Potencia y energía adicional debido a la incorporación de cocinas de inducción y calentadores de agua eléctricos (Escenario 1)	137
ANEXO 3.4.- Ahorro económico de cada quintil (Escenario 2).....	138
ANEXO 3.5.- Potencia y energía adicional debido a la incorporación de cocinas de inducción y calentadores de agua eléctricos (Escenario 2)	146
ANEXO 4.1.- Plan de expansión de Generación (Escenario 1-Con importación).....	147
ANEXO 4.2.- Plan de expansión de Generación (Escenario 1-Sin importación).....	156
ANEXO 4.3.- Plan de expansión de Generación (Escenario 2-Con importación).....	165
ANEXO 4.4.- Plan de expansión de Generación (Escenario 2-Sin importación).....	174
ANEXO 4.5.- Plan hidráulicas y Plantas Térmicas disponibles en el Super Olade	183

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 TÍTULO DEL PROYECTO

FOCALIZACIÓN DEL SUBSIDIO AL GAS, IMPACTO SOBRE LA DEMANDA ELÉCTRICA Y EN LA EXPANSIÓN DE GENERACIÓN DEL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO (SNI)

1.2 OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar y analizar la proyección de la demanda eléctrica y la expansión de generación del SNI, considerando la focalización del subsidio al gas para diferentes escenarios.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conocer el porcentaje de utilización en el Ecuador de GLP (gas licuado de petróleo) subsidiado y sus consumos energéticos finales.
- Estimar el impacto en la proyección de la demanda eléctrica que produciría la sustitución de aparatos como cocinas y calefones a gas por similares a electricidad.

- Simular y analizar escenarios de expansión del sistema de generación eléctrica mediante la utilización del programa SUPER OLADE.

1.3 RESULTADOS PRINCIPALES

El presente trabajo se basa en hipótesis para la sustitución del GLP por electricidad en el sector residencial, con estas hipótesis se calcula la proyección de la demanda de energía y potencia eléctrica del S.N.I., y se obtiene el plan de expansión de la generación para los escenarios planteados.

Como resultados principales en este proyecto se determinó un porcentaje de ahorro energético en los hogares ecuatorianos al sustituir la cocción y calentamiento de agua con gas por electricidad.

Se determinó un plan de expansión de generación óptimo, mediante la utilización del programa SUPER OLADE, el cual se basa en el abastecimiento de la demanda futura y los mínimos costos.

Se calculó el ahorro que tendría el Estado por subsidio al gas, el cual está en el orden de USD 427'403.720 anual.

1.4 ORGANIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto está organizado de la siguiente manera:

En el capítulo 2 se realiza un análisis de los consumos energéticos en el sector residencial, comercial e industrial, tanto de electricidad como de gas licuado de petróleo, investigándose las fugas por las fronteras y los usos en actividades industriales.

En el capítulo 3 se plantea la metodología para la sustitución energética, para dos hipótesis:

- a). Proyección de la demanda eléctrica con eliminación del subsidio al gas excepto para los beneficiarios del bono de desarrollo humano, y,
- b). Proyección de la demanda eléctrica con subsidio al gas únicamente para los beneficiarios del bono de desarrollo humano y considerando un incremento gradual en el costo del energético para los demás usuarios domésticos.

Para estas dos hipótesis se determina la demanda de potencia y de energía eléctricas mediante la realización de encuestas en los diferentes quintiles de la población.

En el capítulo 4 se realiza una descripción general del modelo SUPER OLADE, y de los módulos utilizados para la determinación del plan de expansión de la generación considerando las dos hipótesis planteadas, con importación y sin importación de energía desde Colombia.

En el capítulo 5 se realiza un análisis de los planes de expansión obtenidos en cada caso, los costos de inversión de los mismos y se detallan los ahorros que representaría para el Estado Ecuatoriano la eliminación del subsidio al gas licuado de petróleo (GLP).

Finalmente el capítulo 6 contiene las principales conclusiones y recomendaciones del proyecto.