



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN MERCADO EN
SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE

**MAESTRO EN CIENCIAS CON
ESPECIALIDAD EN INGENIERÍA ELÉCTRICA**

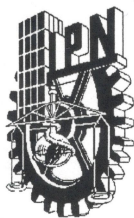
P R E S E N T A:

IVAN RODRIGUEZ RESENDIZ



CIUDAD DE MÉXICO.

DICIEMBRE, 2016



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

SIP-14 BIS

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 17:00 horas del día 27 del mes de Octubre del 2016 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de E. S. I. M. E. para examinar la tesis titulada:

**"MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN MERCADO EN SISTEMAS
ELÉCTRICOS DE POTENCIA"**

Presentada por el alumno:

RODRÍGUEZ

Apellido paterno

RESENDIZ

Apellido materno

IVAN

Nombre(s)

Con registro:

A	1	5	0	9	3	1
---	---	---	---	---	---	---

aspirante de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERIA ELÉCTRICA

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

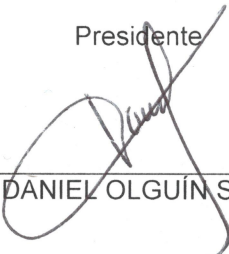
Directores de tesis


DR. JAIME ROBLES GARCÍA

Presidente


DR. RICARDO OCTAVIO ARTURO
MOTA PALOMINO

Segundo Vocal


DR. DANIEL OLGUÍN SALINAS

Tercer Vocal


DR. RICARDO OCTAVIO ARTURO
MOTA PALOMINO

Secretario

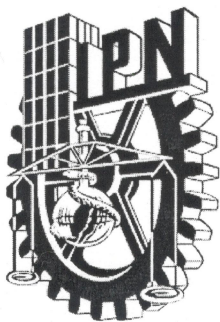

DR. HUGO AMBRÍZ PÉREZ


DR. DAVID ROMERO ROMERO

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO


DR. MIGUEL TOLEDO VELÁZQUEZ. P. N.

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
SECCIÓN DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN



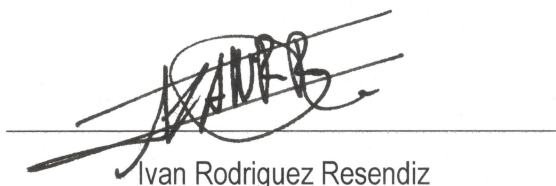
INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

Carta de cesión de derechos

En la Ciudad de México, el día **27 del mes de octubre del año 2016**. El que suscribe **Ivan Rodriguez Resendiz**, alumno del Programa de **Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica** con número de registro **A150931**, adscrito a la **Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME-Zacatenco del IPN**, manifiesta que es el autor intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección del **Dr. Jaime Robles García** y del **Dr. Ricardo Octavio Arturo Mota Palomino** y cede los derechos del trabajo titulado "**Modelado y Simulación de un Mercado en Sistemas Eléctricos de Potencia**", al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a las siguientes direcciones: **i.rodriguez.92@outlook.com** , **jarobles@ipn.mx** y **rmotap@ipn.mx**

Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.



Ivan Rodriguez Resendiz

RESUMEN

El proceso de desregulación de los sectores eléctricos conlleva la incorporación de nuevos conceptos y prácticas en comparación de una operación vertical, aunado a esto el diseño de los mercados eléctricos es distinto dependiendo de las necesidades que deba satisfacer, por lo que el presente estudio muestra el modelado y simulación de un mercado que aprovecha mayormente la estructura del nuevo mercado eléctrico mexicano, con el fin de mostrar el funcionamiento general de este esquema de operación.

A lo largo de los últimos meses México ha estado experimentado la transición de su sector eléctrico, para lo cual se han incorporado nuevas entidades y procedimientos, consolidando de esta manera el nuevo mercado eléctrico mexicano.

Este documento contiene el modelado de un mercado eléctrico mayorista a partir del sistema de prueba de 118 nodos de la IEEE cuya generación es únicamente por centrales térmicas por lo que no se incluye en el estudio las centrales hidráulicas de los sistemas eléctricos de potencia.

La simulación se lleva acabo con el desarrollo de cuatro algoritmos; una asignación de unidades, un despacho económico y las subastas de largo y mediano plazo.

Los resultados de las cuatro prácticas realizadas, generan nuevos conceptos con respecto la operación regulada, como los precios marginales locales, la maximización de excedentes económicos, la conformación de licitaciones así como el intercambio de distintos productos como la energía, la Potencia y los certificados de energía limpia.

Adicionalmente en la operación de los mercados eléctricos se genera el monitoreo del mismo, el cual tiene funciones específicas para cada tipo de mercado, y es el que conlleva la responsabilidad de que exista la competitividad entre sus participantes, cumpliendo con los lineamientos emitidos por los órganos regulatorios.

Como parte del estudio se exhiben diferentes actividades que la experiencia de otros mercados en el mundo ha identificado como acciones no competitivas, manipuladoras del mercado, para de esta manera hacer un primer acercamiento al monitoreo, el cual ayuda a entender la relación entre la parte económica y eléctrica de este esquema de operación.

A pesar de ser un nuevo esquema de operación para México, la desregulación de los sectores eléctricos no es nueva, por lo cual la experiencia de los demás países que operan bajo dicho modelo, han servido de base para formular los procedimientos para interactuar con la nueva estructura. Los estudios acerca del nuevo mercado eléctrico mexicano que se generen de hoy en adelante servirán para poder entender y analizar cada uno de los elementos que lo compone.

ABSTRACT

The deregulation process of the electricity sectors entails the incorporation of new concepts and practices in comparison to a vertical operation. In addition, the electricity markets design is different depending on the needs that must satisfy. Modeling and simulation of electricity market in this thesis takes advantage of the new Mexican electricity market structure, in order to show the general operation of this scheme.

Over the past few months Mexico has experienced the transition of its electrical sector, which has been incorporated new entities and procedures, thus consolidating the new Mexican electricity market.

This document contains the modeling of a wholesale electricity market based on the IEEE's 118-node test system whose generation is only thermal so the hydrological part of power systems is not studied.

The simulation is carried out with the development of four algorithms; An unit commitment, an economic dispatch and the long and medium term auctions.

The results of the four practices carried out generate new concepts such as local marginal prices, the maximization of economic surpluses, the formation of tenders as well as the exchange of different products such as energy, power and clean energy certificates.

Additionally, in the operation of the electricity markets, the monitoring is generated, which has specific functions for each type of market, and is the one that carries the responsibility of the existence of competitiveness among its participants, complying with the guidelines issued by the regulations.

As part of the study, different activities that the experience of other markets in the world has identified as non-competitive actions are shown, manipulating the market, in order to make a first approach to monitoring, which helps to understand the relationship between the economic part and electrical equipment of this operation scheme.

Despite being a new scheme of operation for Mexico, the deregulation of the electricity sectors is not new, therefore the experience of the other countries operating under this model, have served as a basis for formulating procedures to interact with the new structure. The studies about the new Mexican electricity market that are generated from now on will serve to be able to understand and analyze each one of the elements that compose it.

DEDICATORIA.

A mis papas.

Porque cuando escribo estas palabras recuerdo cuando tuve que madurar.
Que cuando pensé que la vida me castigaba, me mostraron que en realidad me
abría los ojos.

Que cuando fue el momento de hablar, ustedes me escucharon.

Que cuando sentía dolor, ustedes lo aliviaban.

Que cuando necesite su ayuda, jamás se las tuve que pedir.

Que a pesar de mis errores, ustedes estaban allí para apoyarme.

Que cuando me sentía inseguro, ustedes eran los primeros en darme confianza.

Que a pesar de oír mil voces, siempre pude escuchar las suyas.

Por ello y más, hoy les dedico este trabajo que he realizado con mucho
esfuerzo, que no muestra todo el apoyo que me han brindado, pero que espero
que pueda representar al menos una pequeña parte de lo tan agradecido y
orgullosa que me siento de ser su hijo.

Gracias.

AGRADECIMIENTOS

A aquellos acontecimientos que me han guiado y ayudado en mi camino hasta llegar aquí, cuyos fenómenos han sido inexplicables y a los cuales puedo definir únicamente como la obra de Dios.

A mi familia, la cual se ha encargado de hacerme sentir orgulloso de mi escuela, mi profesión y de la persona que soy; que me han escuchado cuando más lo he necesitado y que han sabido elegir las palabras correctas para lograme ayudar; que me han impulsado a conocer nuevos lugares, a realizar nuevas actividades y a madurar como persona.

Al Dr. Jaime Robles, por haberme inducido a continuar mi formación académica cursando este programa de posgrado; por ver en mí la capacidad que yo desconocía y ser un guía para conducirme a través de este camino.

Al Dr. Ricardo Mota, cuyos conocimientos y experiencia hacían que me sintiese cada vez más orgulloso de mi profesión y por enseñarme que los problemas se pueden resolver sonriendo.

Al Dr. David Romero, cuyas palabras en clase trascendieron en sus alumnos y nos hicieron recapacitar en distintos temas, logrando que tuviésemos una visión distinta de nuestro entorno.

A los demás miembros del H. Jurado integrado por: el Dr. Daniel Olguín, el Dr. Hugo Ambriz y el Dr. David Sebastián, por su colaboración para el desarrollo final de esta tesis.

Al Instituto Politécnico Nacional, la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación, por proveerme de la educación para que al día de hoy pueda llamarme Maestro en Ciencias.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, por su programa de apoyo a estudiantes de posgrado.

A mi amigo Rolando, compañero de licenciatura y posgrado, por su compañía a través de esta etapa de nuestras vidas.

A mis amigos de la sección Ali, Servín, Charly, Xavi, Erick, Dan y Héctor, de quienes tuve el apoyo directo en cualquier momento.

A mis demás amigos que se convirtieron o están en el proceso de convertirse en profesionistas, de quienes el tiempo me ha distanciado pero aun puedo confiar en ellos.

ÍNDICE.

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
INDICE DE FIGURAS.	IX
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ABREVIATURAS.	XV
GLOSARIO.....	XVI
CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1 Aspectos generales.	- 1 -
1.2 Objetivo.....	- 1 -
1.3 Justificación.....	- 1 -
1.4 Historia del arte.	- 2 -
1.5 El proceso de desregulación del sector eléctrico en México.	- 4 -
1.6 Aportaciones de la tesis.....	- 6 -
1.7 Estructura de la tesis.....	- 7 -
CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL.	- 9 -
2.1 Introducción.	- 9 -
2.2 Los beneficios de la desregulación.....	- 9 -
2.3 Principio de la desregulación del sistema eléctrico mexicano.	- 10 -
2.4 Entidades de la nueva configuración del sector eléctrico.....	- 12 -
2.4.1 Productores independientes.....	- 12 -
2.4.2 Generadores.....	- 12 -
2.4.3 Comercializador.	- 12 -
2.4.4 Centrales legadas.....	- 13 -
2.4.5 Central externa legada.....	- 13 -
2.4.6 Entidad responsable de carga (ERC).....	- 13 -
2.4.7 Usuario calificado.	- 13 -
2.4.8 Suministrador de servicio básico.....	- 13 -
2.4.9 Suministrador de servicio calificado.	- 13 -
2.4.10 Transportista y Distribuidor.	- 13 -
2.5 Modelos generales de los mercados eléctricos por su tipo de operación.	- 14 -

2.6	Modelos generales de los mercados eléctricos por su grado de libertad.	- 17 -
2.7	Modelos generales de los mercados eléctricos por su esquema de liquidación.	- 20 -
2.7.1	Liquidación marginal.	- 20 -
2.7.2	Liquidación discriminatoria.	- 21 -
2.7.3	Comparación de liquidaciones.	- 22 -
2.8	Modelos generales de los mercados eléctricos por su forma de inclusión de la red.	- 25 -
2.8.1	Interpretación de los precios marginales locales.	- 26 -
2.8.1.1	Componente de energía.	- 27 -
2.8.1.2	Componente de congestión.	- 29 -
2.8.1.3	Componente de pérdidas.	- 31 -
2.9	Modelos generales de las subastas	- 33 -
2.9.1	Subastas a corto plazo.	- 33 -
2.9.2	Subastas a mediano plazo.	- 35 -
2.9.3	Subastas a largo plazo.	- 36 -
2.10	Componentes del mercado eléctrico mexicano.	- 38 -
2.10.1	Aspectos generales del mercado eléctrico a corto plazo.	- 39 -
2.10.1.1	Mercado de día en adelante.	- 40 -
2.10.2	Aspectos generales de las Subastas en México.	- 42 -
2.10.2.1	Subastas de mediano plazo.	- 42 -
2.10.2.2	Subastas de largo plazo.	- 43 -
2.10.3	Otras prácticas realizadas en el mercado eléctrico mexicano.	- 43 -
2.10.3.1	Subastas de derechos financieros de transmisión.	- 44 -
2.10.3.2	Mercado de balance de potencia.	- 44 -
2.11	Monitoreo de los mercados eléctricos.	- 45 -
2.11.1	Poder de mercado.	- 46 -
2.11.2	Análisis competitivo.	- 48 -
2.11.2.1	Detección del poder de mercado antes del intercambio de energía.	- 50 -
2.11.2.2	Detección del poder de mercado después del intercambio de energía.	- 52 -
2.11.2.3	Simulación de modelos.	- 54 -
CAPÍTULO 3 MODELOS MATEMÁTICOS.		- 55 -
3.1	Introducción.	- 55 -
3.2	Mercado eléctrico mayorista.	- 56 -

3.2.1	Asignación de Unidades.....	- 56 -
3.2.2	Asignación de Unidades por confiabilidad.	- 60 -
3.2.3	Despacho Económico.....	- 61 -
3.2.3.1	Inclusión de las pérdidas de la red.....	- 61 -
3.2.3.2	Inclusión de los límites de las líneas de transmisión.....	- 62 -
3.2.4	Cálculo de los PML.....	- 65 -
3.3	Subastas.....	- 67 -
3.3.1	Productos ofertados.	- 68 -
3.3.1.1	Potencia.	- 68 -
3.3.1.2	CEL.	- 68 -
3.3.1.3	Energía.	- 68 -
3.3.2	Subastas de largo plazo.	- 69 -
3.3.2.1	Modelo de la oferta de compra.....	- 69 -
3.3.2.2	Modelo de la oferta de venta.	- 70 -
3.3.2.3	Modelo de optimización de enteros mixtos.....	- 71 -
3.3.3	Subastas de mediano plazo.....	- 79 -
CAPÍTULO 4 OPERACIÓN DEL MERCADO ELÉCTRICO.....		- 83 -
4.1	Introducción.	- 83 -
4.2	Sistema de prueba.....	- 83 -
4.3	Asignación de unidades.....	- 85 -
4.4	Despacho económico.....	- 88 -
4.5	Subastas de largo plazo.	- 92 -
4.6	Subastas de mediano plazo.....	- 100 -
CAPÍTULO 5 MONITOREO DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA.....		- 108 -
5.1	Introducción.	- 108 -
5.2	Caso de estudio 1 - PML negativo en nodo de generación.	- 108 -
5.3	Caso de estudio 2 - PML negativo en nodo de carga - generación.	- 113 -
5.4	Caso de estudio 3 - PML negativo en nodo de carga – generación, falsa congestión.	- 118 -
5.5	Caso de estudio 4 – Manipulación de carga.	- 123 -
5.6	Caso de estudio 5 – Dos entradas marginales.	- 126 -
CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES.....		- 130 -
6.1	Aportaciones.	- 131 -

6.2	Sugerencias para trabajos futuros.....	- 132 -
	Referencias	- 133 -
	APÉNDICE A “RED DE PRUEBA 118 NODOS”	- 144 -
	APÉNDICE B “OFERTAS MARGINALES”	- 156 -
	APÉNDICE C “COSTOS DE COMBUSTIBLES”.	- 161 -
	APÉNDICE D “OFERTAS HORARIAS”	- 162 -
	APÉNDICE E “DISTRIBUCION DE LA POTENCIA POR NODO POR HORA”. ..	- 180 -
	APÉNDICE F “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO BASE”.	- 184 -
	APÉNDICE G “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 1”	- 192 -
	APÉNDICE H “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 2”	- 193 -
	APÉNDICE I “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 3”.	- 196 -
	APÉNDICE J “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 4”.	- 197 -
	APÉNDICE K “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 5”	- 198 -
	APÉNDICE L “CODIGO ASIGNACIÓN DE UNIDADES.”	- 199 -
	APÉNDICE M “CODIGO DESPACHO ECONOMICO 24 HORAS.”	- 202 -
	APÉNDICE N “CODIGO SUBASTAS DE LARGO PLAZO.”	- 206 -
	APÉNDICE Ñ “CODIGO SUBASTAS DE MEDIANO PLAZO.”	- 213 -
	APÉNDICE O “CODIGO DESPACHO ECONOMICO 1 HORA.”	- 216 -

INDICE DE FIGURAS.

Capítulo 2.

Figura. 2. 1 Modelo vertical de operación del sistema eléctrico mexicano.....	- 11 -
Figura. 2. 2 Modelo horizontal de operación del sistema eléctrico mexicano.	- 12 -
Figura. 2. 3 Modelo del mercado de intercambio.....	- 14 -
Figura. 2. 4 Modelo del mercado de contratos bilaterales.....	- 15 -
Figura. 2. 5 Modelo del mercado híbrido.	- 16 -
Figura. 2. 6 Modelo del comprador único	- 17 -
Figura. 2. 7 Modelo de competencia mayorista.....	- 18 -
Figura. 2. 8 Modelo de competencia plena.....	- 19 -
Figura. 2. 9 Modelo de las ofertas en un mercado marginal.	- 21 -
Figura. 2. 10 Modelo de las ofertas en un mercado con liquidación discriminatoria	- 22 -
Figura. 2. 11 Sistema uninodal	- 22 -
Figura. 2. 12 Liquidación del mercado del sistema uninodal.....	- 23 -
Figura. 2. 13 Modelo del mercado por regiones europeo	- 25 -
Figura. 2. 14 Modelo del mercado nodal texano y mexicano.....	- 25 -
Figura. 2. 15 Componentes de los PML	- 26 -
Figura. 2. 16 Porcentajes del sistema de tres nodos	- 26 -
Figura. 2. 17 Despacho caso base sistema de tres nodos	- 27 -
Figura. 2. 18 PML nodo A (Energía)	- 28 -
Figura. 2. 19 PML nodo B (Energía)	- 28 -
Figura. 2. 20 PML nodo C (Energía)	- 29 -
Figura. 2. 21 PML nodo A (Congestión)	- 29 -
Figura. 2. 22 PML nodo B (Congestión).....	- 30 -
Figura. 2. 23 PML nodo C (Congestión).....	- 30 -
Figura. 2. 24 Despacho con pérdidas sistema de tres nodos.....	- 31 -
Figura. 2. 25 PML nodo A (Pérdidas)	- 31 -
Figura. 2. 26 PML nodo B (Pérdidas)	- 32 -
Figura. 2. 27 PML nodo C (Pérdidas)	- 32 -
Figura. 2. 28 Subasta a corto plazo por hora	- 34 -
Figura. 2. 29 Subasta a corto plazo por bloque	- 34 -
Figura. 2. 30 Volatilidad de los PML contra el precio de los contratos bilaterales.....	- 36 -
Figura. 2. 31 Evolución del desarrollo en nuevas centrales eléctricas que utilizan fuentes de energía limpia en Europa.....	- 37 -
Figura. 2. 32 Nuevo modelo de la industria eléctrica mexicana	- 38 -
Figura. 2. 33 Componentes del mercado eléctrico mayorista mexicano	- 39 -
Figura. 2. 34 Horizonte de tiempo MDA, MTR, MHA	- 40 -
Figura. 2. 35 Modelo básico de la oferta de generación	- 40 -
Figura. 2. 36 Modelo básico de la oferta de la demanda.....	- 41 -
Figura. 2. 37 Representación gráfica del vaciado del mercado	- 41 -

Figura. 2. 38 Productos asociados en las subastas del mercado eléctrico .	- 42 -
Figura. 2. 39 Retención económica	- 47 -
Figura. 2. 40 Retención física	- 47 -
Figura. 2. 41 Factores fundamentales que influyen en los precios	- 48 -
Figura. 2. 42 Índice de suministrador residual	- 50 -
Figura. 2. 43 PJM - curva de la duración del RSI en los años 2004 y 2005	- 51 -
Figura. 2. 44 RDI - ERCOT 2005	- 53 -
Figura. 2. 45 RDI - ERCOT 2015	- 53 -
Figura. 2. 46 Simulación de los modelos del mercado	- 54 -

Capítulo 3.

Figura. 3. 1 Operación del mercado eléctrico mexicano	- 55 -
Figura. 3. 2 Diagrama de flujo para la solución al problema de asignación de unidades	- 57 -
Figura. 3. 3 Diagrama de flujo para la solución al problema de despacho económico ...	- 65 -
Figura. 3. 4 Excedente económico.....	- 71 -
Figura. 3. 5 Diagrama de flujo para la solución al problema de subastas de largo plazo	- 79 -

Capítulo 4.

Figura. 4. 1 Red de prueba Sistema IEEE 118 nodos.....	- 83 -
Figura. 4. 3 Comportamiento de la demanda diaria.	- 100 -
Figura. 4. 4 Identificación de la demanda base, media y pico.....	- 100 -

Capítulo 5.

Figura. 5. 1 Acercamiento del elemento con congestión caso 1.....	- 108 -
Figura. 5. 2 Relación de los PML con el flujo de potencia en nodos de generación....	- 110 -
Figura. 5. 3 Relación de los PML con el flujo de potencia en nodos de carga.....	- 110 -
Figura. 5. 4 Comportamiento de los PML en distintos elementos	- 111 -
Figura. 5. 5 Cambio del costo de producción al aumento de carga en PML negativo .	- 114 -
Figura. 5. 6 Cambio de generación al aumento de carga en PML negativo caso 2.....	- 114 -
Figura. 5. 7 Cambio de potencia despachada	- 115 -
Figura. 5. 8 Acercamiento del elemento con congestión caso 3.....	- 118 -
Figura. 5. 9 Evolución del costo de generación y del PML del nodo 35.....	- 120 -
Figura. 5. 10 Cambio de generación al aumento de carga en PML negativo caso 3....	- 121 -
Figura. 5. 11 Evolución de componentes del PML máximo y PML promedio.....	- 122 -
Figura. 5. 12 Acercamiento de nodos del caso 4.....	- 123 -
Figura. 5. 13 PML del sistema con Línea Inter - Zonal aliviada.....	- 126 -
Figura. 5. 14 PML del sistema con Línea Intra - Zonal aliviada.....	- 127 -
Figura. 5. 15 Sistema radial por seccionamiento del sistema.....	- 128 -
Figura. 5. 16 PML total simulación caso 5.....	- 129 -

Apéndice A.

Figura. A. 1 Zonas del sistema de prueba	- 144 -
Figura. A. 2 Diagrama unifilar sistema 118 nodos.....	- 155 -

ÍNDICE DE TABLAS.

Capítulo 2.

Tabla 2. 1 Ofertas generadores sistema uninodal	- 23 -
Tabla 2. 2 Liquidación del mercado con el modelo discriminatorio.	- 24 -
Tabla 2. 3 Liquidación del mercado con el modelo marginal	- 24 -
Tabla 2. 4 Categorías de las técnicas de detección del poder de mercado.	- 49 -

Capítulo 3.

Tabla 3. 1 Oferta de compra “Potencia”	- 69 -
Tabla 3. 2 Oferta de compra “CEL”	- 69 -
Tabla 3. 3 Oferta de compra “Energía Acumulable”	- 70 -
Tabla 3. 4 Oferta de venta.	- 70 -

Capítulo 4.

Tabla 4. 1 Oferta marginal de compra.	- 84 -
Tabla 4. 2 Oferta Horaria.....	- 84 -
Tabla 4. 3 Costos de arranque.	- 85 -
Tabla 4. 4 Demanda por zona por hora.	- 86 -
Tabla 4. 5 Resultado Asignación de Unidades.	- 86 -
Tabla 4. 6 Resultado Asignación de Unidades (continuación).....	- 87 -
Tabla 4. 7 Factores de penalización de pérdidas.	- 88 -
Tabla 4. 8 Despacho económico caso base.....	- 90 -
Tabla 4. 9 Despacho económico caso base (continuación).	- 91 -
Tabla 4. 10 Oferta de compra SLP de potencia.....	- 92 -
Tabla 4. 11 Oferta de compra SLP CEL.....	- 92 -
Tabla 4. 12 Oferta de compra SLP energía.	- 92 -
Tabla 4. 13 Oferta de venta SLP	- 93 -
Tabla 4. 14 Promedio de los PML por hora por zona.....	- 94 -
Tabla 4. 15 Factores de ajuste diarios.....	- 95 -
Tabla 4. 16 Factores de ajuste semanales	- 95 -
Tabla 4. 17 Factor de ajuste anual	- 96 -
Tabla 4. 18 Factor de ajuste anual por combustible	- 96 -
Tabla 4. 19 Precios de las ofertas de venta ajustados.	- 97 -
Tabla 4. 20 "Resultados del programa"	- 97 -
Tabla 4. 21 Asignación de contratos SLP licitante 1.....	- 98 -
Tabla 4. 22 Asignación de contratos SLP licitante 2.....	- 98 -
Tabla 4. 23 Asignación de contratos SLP licitante 3.....	- 98 -
Tabla 4. 24 Asignación de contratos SLP licitante 4.....	- 99 -

Tabla 4. 25 Asignación de contratos SLP licitante 5.....	- 99 -
Tabla 4. 26 Asignación de contratos SLP licitante 6.....	- 99 -
Tabla 4. 27 Demanda horaria por tipo.....	- 101 -
Tabla 4. 28 Tipo de demanda total por parte de las ERC dentro de la SMP	- 102 -
Tabla 4. 29 Total de la energía ofertada por ERC por tipo de demanda.	- 102 -
Tabla 4. 30 Ofertas de compra SMP	- 103 -
Tabla 4. 31 Costos reales de la operación de las centrales ofertantes	- 103 -
Tabla 4. 32 Ofertas de venta de la SMP	- 104 -
Tabla 4. 33 Resultado SMP Potencia	- 105 -
Tabla 4. 34 Resultado SMP demanda pico.....	- 105 -
Tabla 4. 35 Resultado SMP demanda media.....	- 105 -
Tabla 4. 36 Resultado SMP demanda base.....	- 106 -
Tabla 4. 37 Asignación de contratos central 3.....	- 106 -
Tabla 4. 38 Asignación de contratos central 8.....	- 106 -
Tabla 4. 39 Asignación de contratos central 15.....	- 107 -
Tabla 4. 40 Asignación de contratos central 18.....	- 107 -

Capítulo 5.

Tabla 5. 1 Despacho de las maquinas caso 1.....	- 109 -
Tabla 5. 2 PML caso de estudio 1.	- 109 -
Tabla 5. 3 PML ajustados al precio tope y piso	- 112 -
Tabla 5. 4 Resultados simulación caso 2.....	- 113 -
Tabla 5. 5 Cambios de generación caso 2.	- 115 -
Tabla 5. 6 Factores de sensibilidad de los nodos re despachados con respecto el elemento aliviado	- 116 -
Tabla 5. 7 PML máximo y promedio por simulación caso 2	- 117 -
Tabla 5. 8 PML mayormente afectados por componente de congestión caso 3.....	- 119 -
Tabla 5. 9 Resultados simulación caso 3.....	- 119 -
Tabla 5. 10 Cambios de generación caso 3	- 120 -
Tabla 5. 11 PML máximo y promedio por simulación caso 3	- 121 -
Tabla 5. 12 Cambio de la demanda caso 4	- 124 -
Tabla 5. 13 Despacho económico caso 4.....	- 124 -
Tabla 5. 14 Influencia de la manipulación con cada generador.	- 125 -
Tabla 5. 15 Líneas de enlace zona 3.....	- 127 -
Tabla 5. 16 Maquinas marginales del sistema en la hora 2	- 128 -

Apéndice A.

Tabla A. 1 Datos de generadores.....	- 145 -
Tabla A. 2 Datos de generadores (continuación).	- 146 -
Tabla A. 3 Datos de la red de transmisión.....	- 147 -

Tabla A. 4 Datos de la red de transmisión (continuación).	- 148 -
Tabla A. 5 Datos de la red de transmisión (continuación).	- 149 -
Tabla A. 6 Datos de la red de transmisión (continuación).	- 150 -
Tabla A. 7 Datos de la red de transmisión (continuación).	- 151 -
Tabla A. 8 Datos de la red de transmisión (continuación).	- 152 -
Tabla A. 9 Datos de la red de transmisión (continuación).	- 153 -
Tabla A. 10 Demanda horaria.....	- 153 -
Tabla A. 11 Distribución de carga.....	- 154 -
Apéndice B.	
Tabla B. 1 Oferta marginal de compra.	- 156 -
Tabla B. 2 Oferta marginal de compra (continuación).	- 157 -
Tabla B. 3 Oferta marginal de compra (continuación).	- 158 -
Tabla B. 4 Oferta marginal de compra (continuación).	- 159 -
Tabla B. 5 Oferta marginal de compra (continuación).	- 160 -
Apéndice D.	
Tabla D. 1 Ofertas Horarias.....	- 162 -
Apéndice E.	
Tabla E. 1 Distribución de la potencia antes del despacho.	- 180 -
Apéndice F.	
Tabla F. 1 PML total caso base.	- 184 -
Tabla F. 2 Componente de energía caso base.....	- 187 -
Tabla F. 3 Componente de pérdidas caso base.....	- 188 -
Apéndice G.	
Tabla G. 1 Precios marginales locales caso de estudio 1	- 192 -
Apéndice H.	
Tabla H. 1 Precios marginales locales totales caso de estudio 2.....	- 193 -
Tabla H. 2 Precios marginales locales totales caso de estudio 2 (continuación).....	- 194 -
Tabla H. 3 Precios marginales locales totales caso de estudio 2 (continuación).....	- 195 -
Apéndice I.	
Tabla I. 1 Precios marginales locales caso 3	- 196 -

Apéndice J.

Tabla J. 1 Precios marginales locales caso 4..... - 197 -

Apéndice K.

Tabla K. 1 Precios marginales locales caso 5..... - 198 -

ABREVIATURAS.

AUHE	Asignación de Unidades en Horizonte Extendido.
CAG	Control Automático de Generación.
CalPX	Por sus siglas en inglés California Power Exchange (Intercambiador de energía de California)
CEL	Certificado de Energía Limpia.
CENACE	Centro Nacional del Control de la Energía.
CFE	Comisión Federal de Electricidad.
CRE	Comisión Reguladora de Energía.
DFT	Derechos Financieros de Transmisión.
ERC	Entidad Responsable de Carga.
ERCOT	Por sus siglas en inglés Electric Reliability Council of Texas (Consejo de Confiabilidad Eléctrica de Texas)
FERC	Por sus siglas en inglés Federal Energy Regulatory Commission (Comisión Federal Reguladora de Energía)
IEEE	Por sus siglas en inglés Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Electricistas y Electrónicos)
ISO	Por sus siglas en inglés Independent System Operator (Operador Independiente del Sistema)
MDA	Mercado de Día en Adelanto.
MEM	Mercado Eléctrico Mayorista.
MHA	Mercado de Hora en Adelanto.
MN	Moneda Nacional.
MTR	Mercado en Tiempo Real.
NOORDPOOL	Mercado Eléctrico Nórdico.
PJM	Por sus siglas en inglés, Pennsylvania-New Jersey-Maryland Interconnection (Mercado Eléctrico de Pensilvania, Nueva Jersey y Maryland).
PML	Precio Marginal Local.
PRODESEN	Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional.
RDC	Recurso de Demanda Controlable.
RDI	Por sus siglas en inglés Residual Demand Index (Índice de Demanda Residual)
RES	Por sus siglas en inglés Renewable Energy Sources (Fuentes de energía renovable)
RSI	Por sus siglas en inglés Residual Supply Index (Índice de Suministro Residual)
SCADA	Por sus siglas en inglés Supervisory Control and Data Acquisition (Supervisión, Control y Adquisición de Datos)
SENER	Secretaría de Energía.
SEP	Sistema Eléctrico de Potencia.
SLP	Subastas de Largo Plazo.
SMP	Subastas de Mediano Plazo.

GLOSARIO.

Bolsa de energía.

Sistema por el cual los participantes del mercado eléctrico mayorista realizan ofertas para vender y comprar productos y servicios.

CEL.

Título emitido por la CRE que acredita la producción de un monto determinado de energía eléctrica a partir de Energías Limpias y que sirve para cumplir los requisitos asociados al consumo de los Centros de Carga [1].

Centro de carga.

Instalaciones y equipos que, en un sitio determinado, permiten que un Usuario Final reciba el Suministro Eléctrico. Los Centros de Carga se determinarán en el punto de medición de la energía suministrada [1].

Contrato de cobertura eléctrica.

Acuerdo entre Participantes del Mercado mediante el cual se obligan a la compraventa de energía eléctrica o Productos Asociados en una hora o fecha futura y determinada, o a la realización de pagos basados en los precios de los mismos [1].

Desregulación

Proceso de eliminación de regulaciones.

Excedente económico.

Se define como la ganancia monetaria resultante de la diferencia de los precios entre los consumidores y productores de un bien [2]. Este indica el beneficio total para los participantes del mercado.

Generador/firma esencial.

Se definen como aquellas entidades sin las que el operador del mercado podría satisfacer la demanda total del sistema [3].

Mitigación.

Reducción o moderación de una práctica o valor que afecta al sistema.

Monopolio natural.

Situación por la cual las barreras naturales del mercado generan que una empresa pueda proveer al sistema completo un bien o servicio, al costo más bajo posible [4].

Monopsonio

Condición en la que un mercado solo tiene un comprador / vendedor en mayor proporción [4].

Oligopolio

Estructura de mercado en la cual compite un pequeño número de empresas [4].

Potencia

Compromiso para mantener capacidad instalada de generación y ofrecerla al mercado de energía en un periodo dado, con el fin de cumplir sus obligaciones. Se distingue de “potencia (con p minúscula)” la cual se refiere a la tasa de producción de energía en un momento dado [5].

Precio de cierre.

Valor resultante de la intersección de la curva de la oferta y la demanda en cualquier tipo de mercado.

Regulación.

El establecimiento de reglas y normas para un determinado proceso, sistema o entorno.

Tomador de precio.

Entidad que a diferencia de un “Poder de mercado” no puede influir en el precio de cierre, por lo cual se encuentra sujeto a pagar o vender de acuerdo al precio indicado.

Volatilidad

Variabilidad de un valor respecto a un tiempo determinado.

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.

“Life’s battles don’t always go to the stronger or faster man. But sooner or later, the man who wins is the man who thinks he can.” – Vince Lombardi

1.1 Aspectos generales.

El trabajo de tesis realizado y mostrado a continuación, presenta una aproximación de cómo se modela y opera un mercado eléctrico, donde se parte generalmente de la estructura del nuevo mercado eléctrico mexicano, para lo cual las publicaciones realizadas por parte del Centro Nacional del Control de la Energía (CENACE), la Comisión Reguladora de Energía (CRE) y la Secretaría de Energía (SENER) han sido de valiosa ayuda.

Los algoritmos planteados así como las simulaciones realizadas parten de la operación con las restricciones suficientes para poder cumplir con el objetivo de la tesis, y poder realizar los escenarios donde las fuentes bibliográficas expresan sus comportamientos.

No obstante la operación en la realidad puede discernir del trabajo, sin embargo la elaboración de este documento genera un panorama de la estructura y las practicas que se realizan en un mercado eléctrico con un acercamiento mayor por el que atraviesa la nación. De manera que se podrá visualizar de manera general lo que sucede actualmente en el sector eléctrico.

1.2 Objetivo.

Modelar y simular un mercado eléctrico mayorista aprovechando la información oficial, acerca del diseño de los mercados eléctricos alrededor del mundo, teniendo una inclinación principal a la estructura del nuevo mercado mexicano.

1.3 Justificación.

Existen distintos tipos de diseños de mercados alrededor del mundo, basados en su forma de operar [6], en su forma de liquidar las operaciones, mitigar costos, así como en sus reglas. Al día de hoy los estudios y trabajos realizados en distintas universidades y entes regulatorios, han mostrado las fallas, así como los beneficios de la desregulación del sector eléctrico de cada país. México por su parte actualmente atraviesa el proceso de desregulación, ya que solo se opera el mercado de día en adelante y se ha realizado la primera y segunda subasta de largo plazo sin llevarse a cabo ninguna subasta de mediano plazo; el proceso del monitoreo se genera al mismo ritmo, sin medios oficiales para la consulta pública. Por lo que la

experiencia de los mercados en otros países ha servido para poder planificar un mercado eficiente según sus bases publicadas en el diario oficial de la federación.

Un estudio que ilustre los conceptos que lleva consigo el proceso de desregulación de un sector eléctrico, servirá como un modelo para entender este esquema de operación para los sistemas eléctricos de potencia.

El simular un mercado eléctrico, permitirá observar la forma en que se debe de comprar y vender energía según las nuevas reglas que conlleva la desregulación.

Al incorporar simulaciones de casos aislados que generen anomalías en los precios, se podrá entender el concepto general del monitoreo del mercado, y con ello se podrá entender la relación entre el aspecto económico y físico de un mercado eléctrico.

1.4 Historia del arte.

La historia de los mercados eléctricos a lo largo del mundo se basa en el incremento de las necesidades acorde el crecimiento de los sistemas eléctrico de potencia (SEP). Para ilustrarlo es necesario conocer el surgimiento del suministro de energía eléctrica así como su evolución.

En 1878 Thomas A. Edison tuvo los indicios de trabajar en el alumbrado eléctrico, teniendo como premisa el tener estaciones de generación de energía eléctrica ubicadas estratégicamente, y expandiendo el alumbrado en su periferia, es decir que la generación se encontraba cercana a la carga, utilizando el concepto que hoy en día se le conoce como generación distribuida [7].

Para 1888 Nikola Tesla presentó la ventaja de los sistemas de corriente alterna [7] revolucionando la industria eléctrica americana, incrementando el número de las plantas generadoras, con la participación mayoritaria a partir de la inversión privada.

Debido a las necesidades de confiabilidad y continuidad en el suministro de la energía eléctrica surgió la necesidad de interconectar las pequeñas redes de distribución, conformando los primeros sistemas eléctricos de potencia en el mundo.

Sin embargo entre 1887 y 1893 tan solo en Chicago se establecieron veinticuatro centrales generadoras [8], por lo que el inicio del consumo de la energía eléctrica como necesidad, resultó en la aparición de los altos precios por parte de la industria privada, situación similar en los distintos sistemas al rededor del mundo, de manera que los gobiernos optaron por regular el suministro de energía, haciendo hincapié que la industria eléctrica era un monopolio natural, debido a las características del sector, es decir que la generación, transmisión y distribución estaban integradas verticalmente [9], por lo que se debía de mantener los beneficios que ocasionaba, es decir el total control del proceso, así como la regulación de los precios.

Conforme las innovaciones tecnológicas y las necesidades con las que fueron creados los sistemas eléctricos de potencia cambiaron, la reincorporación del sector privado en los SEPs ha traído consigo el concepto de un mercado eléctrico.

La idea general concibió ser que la energía podía ser tratada como un producto y la transmisión como un servicio [10].

La incorporación del sector privado a los sectores energéticos por mencionar algunos países se ha conformado de la siguiente manera:

En Chile la desregulación de su sector eléctrico sucedió en el año 1982 [11], permitiendo la libre venta de electricidad así como el acceso sin restricción a su red nacional, siendo de esta manera el pionero en permitir la inversión privada como participante en su país, tal como en la mayoría de los mercados latinoamericanos, el mercado chileno necesita de un despacho económico para coordinar todas las compañías generadoras y liquidar el mercado [12].

En el Reino Unido a pesar de no ser el primer país con indicios a la privatización de su sector eléctrico, esto debido a que su proceso ocurrió a partir de 1989 [13], ha sido de los modelos mayormente consultado por otros países, esto debido a que no obstante de incorporar un modelo mayorista (comercialización de grandes bloques de energía), logro la competencia del suministro y distribución de la energía eléctrica, permitiendo que los usuarios domésticos tengan la elección de contratar con la compañía que ellos deseen (un mercado minorista) [14].

Países como Suecia, Finlandia y Noruega siguieron la trayectoria del mercado del Reino Unido conformando el mercado nórdico (Nord Pool) con la integración de sus mercados nacionales a partir del año 1996 [15].

En los Estados Unidos de América, aunque el nacimiento de la industria eléctrica surgió mayormente de la inversión privada, la regulación de su sector duro hasta el año 1996 [16], donde la Comisión Federal Reguladora de Energía (FERC) publicó la última versión de las reglas para interactuar con los sistemas de transmisión, provocando la desregulación parcial (no se opera toda la nación bajo el mismo modelo) de su sector eléctrico en más de un mercado, entre los cuales se encuentran el de California, Nueva York, Texas y Nueva Inglaterra [17].

Hasta la crisis energética de California en el año 2000, la desregulación aparentaba ser exitosa como la privatización de las telecomunicaciones, el gas natural, o las aerolíneas [18], pero Estados Unidos mostro que el no ser diseñada y operada correctamente ocasionaría altos precios [19].

Por otro lado, aunque el sistema interconectado de Texas (ERCOT), fue fundado en 1970, no opero como un mercado abierto hasta 1999 donde el operador independiente del sistema (ERCOT ISO) tendría la responsabilidad de mejorar la estructura de su mercado, creando

reglas, normas y protocolos que seguirían siendo parte fundamental en su actual operación [18].

En España y Bélgica en los años 1991 y 1992 respectivamente, permitieron la unión de grandes empresas de sus sectores eléctricos con el fin de prepararse para los mercados internacionales, de igual manera el mercado español funcionó desde 1998 en el cual se han percibido prácticas anticompetitivas esto debido a las grandes y escaso número de empresas participantes, resultando en un oligopolio [20].

Siguiendo con el proceso de desregulación de los sectores eléctricos en Latinoamérica, Argentina presentó una reestructuración de su ley para la industria eléctrica en 1992 [21].

En el mismo año la falta de inversión a la infraestructura eléctrica de Perú provocó una modificación a sus leyes, constituyendo su Ley de concesiones eléctricas [22], por lo que con experiencias chilenas, argentinas y británicas nació su mercado eléctrico.

Un año después (1993) Colombia optó por conformar un mercado eléctrico, orientado a la generación y consumo, ya que la distribución seguiría bajo la operación de empresas municipales o empresas en las que el estado era mayoritario [23].

Según lo previsto por España, la Comunidad Europea entre 1996 y 2009 generó el artículo 194 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea, consolidando de esta manera las normas así como reglamentos para culminar el mercado interior de la energía (Mercado Europeo) antes del 2014 [24] con ello se generó en un principio la reducción de precios, la supresión de barreras técnicas, jurídicas y burocráticas [24], sin embargo en un tiempo no muy largo la integración de los sistemas eléctricos nacionales resultó insatisfactoria esto debido a la falta de incremento en firmas competitivas, resultando en un oligopolio [25].

1.5 El proceso de desregulación del sector eléctrico en México.

Al día de hoy México vive la primera etapa de operación de su mercado [26], por lo que solo se generan precios en el mercado de día en adelante [27], reservando un mercado en tiempo real y un mercado en hora en adelante para la segunda etapa de operación.

En cuanto a las subastas del mercado; se ha realizado la primera y segunda subasta de largo plazo en el año 2015 y 2016 respectivamente, mientras que la primera subasta de mediano plazo está próximamente a realizarse.

Actualmente el marco regulatorio [28], está compuesto por distintos documentos, que rigen y guían a las nuevas entidades a poder interactuar con el mercado. Sin embargo el documento que preserva las normatividades y reglas por encima de cualquier documento son las “Bases del Mercado Eléctrico Mexicano” [26] publicadas en el diario oficial día 08 de septiembre del 2015.

Luego entonces las reglas del mercado, están compuestas por las mismas bases y los manuales, documentos en los cuales se muestran algoritmos, formulas, ejemplos y conceptos para poder ilustrar la manera en la que el ente regulador realiza sus procedimientos [26].

En el periodo de elaboración de esta tesis se han publicado los siguientes manuales [28]:

1. Manual de subastas de largo plazo.
2. Manual de estado de cuenta, facturación y pagos.
3. Manual de garantías de cumplimiento.
4. Manual de solución de controversias.
5. Manual de contratos de interconexión legados.
6. Manual de mercado de energía de corto plazo.
7. Manual de sistema información del mercado.
8. Manual de registro y acreditación de participantes del mercado.
9. Manual regulatorio de requerimientos para interconexión de centrales eléctricas al sistema eléctrico nacional.

De igual manera como parte de la nueva reestructuración del sector eléctrico se tiene la “Ley de la Industria Eléctrica” publicada en el diario oficial de la federación el 11 de agosto del 2014 [1], documento antecesor de las bases del mercado en el cual se generan conceptos utilizados en los demás archivos posteriores a su publicación, donde de igual manera se generan requerimientos y prácticas obligatorias para las nuevas entidades del mercado.

Alrededor del mundo se han realizado distintos estudios acerca de los mercados eléctricos, desde la primera aparición en Chile al iniciar con la privatización de los sectores eléctricos [29].

Dentro de los estudios a nivel internacional acerca de los mercados eléctricos predominan los de William W. Hogan de la universidad de Harvard con cerca de 170 publicaciones [30], entre las cuales existen temas acerca del diseño, seguridad y confiabilidad de los mercados eléctricos entre otros.

Mientras que en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Politécnico Nacional se han presentado los siguientes trabajos:

En 2006, en [31] se realiza una asignación de unidades a corto plazo, utilizando programación lineal, se presentan los casos de estudio para un mercado eléctrico, centralizado, descentralizado e híbrido.

En 2007, en [32] se realiza un estudio acerca de las estrategias que podrían utilizar los generadores para ofertar energía en un mercado eléctrico con base al poder del mercado, y su tipo de generación térmica o hidráulica, utilizando teoría de juegos.

A nivel licenciatura del Instituto Politécnico Nacional, se han presentado los siguientes trabajos:

En 2011, en [33] se realiza un estudio para la asignación de unidades a menor escala en un modelo de mercado centralizado.

En 2011, en [34] se realiza un estudio de teoría de juegos como en [32], complementando el estudio con despachos económicos uninodales aplicados a pequeños sistemas eléctricos de potencia.

En 2012, en [35] se simula un mercado híbrido utilizando despachos uninodales contemplando contratos bilaterales.

En 2012, en [36] se simulan subastas de energía, con ofertas del lado de generación únicamente, cabe resaltar que el concepto de “subasta” cambia para la operación del mercado eléctrico mexicano con respecto a la elaboración de dicha tesis.

En 2016, en [37] se realiza un estudio proyectista para la operación del nuevo mercado eléctrico mexicano para evaluar la factibilidad de implementar el nuevo modelo, sin embargo la información mostrada proviene de la teoría básica del diseño de mercados en otros países.

1.6 Aportaciones de la tesis.

Como se menciona en el objetivo, la realización de este trabajo simulará la operación de un mercado eléctrico, la cual ilustrará la forma de interactuar con la nueva operación del sector para aquellas entidades que así lo deseen, esto debido a que mayormente se utilizaron las normativas y conceptos transmitidos por los documentos oficiales de consulta pública.

Se desarrollaron cuatro algoritmos programados en el lenguaje Fortran 90, dentro de los cuales se tiene:

- Un programa de asignación de centrales de generación térmicas, utilizando programación lineal mixta [38].
- Un programa de despacho económico, que contempla las mínimas restricciones para poder calcular los precios marginales locales (PML) acorde a la propuesta de [39].
- Un programa de subastas de largo plazo (SLP), utilizando el modelo de optimización publicado en [40] a su última actualización en [41].
- Un programa de subastas de mediano plazo (SMP), proponiendo un modelo de optimización según los numerales 14.2.4 y 14.2.6 de las bases del mercado [42].
- El desarrollaron los PML, las SLP y las SMP

1.7 Estructura de la tesis.

Capítulo 1.

En este capítulo se muestran los aspectos generales del trabajo de tesis, los alcances de la misma, el objetivo principal, se justifica el desarrollo de este documento, se introduce un estado del arte donde se exponen los documentos oficiales publicados, los trabajos realizados en el Instituto Politécnico Nacional, y se expone el estado actual por el que atraviesa México, terminando en las principales aportaciones.

Capítulo 2.

En este capítulo se desarrolla todo el marco conceptual de la teoría de los mercados eléctricos, la tipificación de los mismos así como los esquemas de asignación de cada uno, se muestran sus diferencias y se teoriza la tipificación del mercado eléctrico mexicano según sus operaciones; se muestran las principales componentes del mercado nacional, así como las prácticas que realiza y de igual manera se muestran los conceptos que conlleva el monitoreo de un mercado eléctrico.

Capítulo 3.

En este capítulo se presentan los modelos de optimización bajo los cuales se realizan las simulaciones del capítulo 4 y 5, cabe mencionar que dichos modelos cumplen con las restricciones mínimas para poder mostrar la operación del mercado, esencialmente se muestran los modelos para el mercado eléctrico mayorista la SLP y las SMP. Es decir, la asignación de unidades, el despacho económico, el cálculo de los PML, y la maximización de los excedentes económicos de las SLP y las SMP.

Capítulo 4.

En este capítulo se realiza la desregulación de la red de prueba del sistema eléctrico de potencia de 118 nodos de la IEEE [43], donde se realiza la simulación de un mercado de día en adelante para 24 horas, obtenidos los PML se realiza la aproximación de una SLP con la variación de los PML dados los pronósticos del incremento de la demanda y el costo de los combustibles del Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional (PRODESEN), luego entonces, identificando los tipos de demanda, según su comportamiento, se realiza una SMP para un día de operación.

Capítulo 5.

En este capítulo se realizan simulaciones de condiciones específicas en los mercados eléctricos, donde, bajo las simulaciones de los modelos mostrados en el capítulo 3, se permite que dichas situaciones puedan ser evaluadas para poder realizar acciones que mitiguen los

PML dados por esta condición o bien se tomen acciones específicas, el mostrar dichos ejercicios permiten observar, parte de las funciones del monitoreo del mercado.

Capítulo 6.

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas y los trabajos que podrían derivarse de la elaboración de este documento.

Apéndices.

Los datos de la red de prueba, las ofertas marginales y horarias, los costos de los combustibles, la distribución de la demanda por nodo, y los PML de cada una de las simulaciones realizadas.

CAPÍTULO 2 MARCO CONCEPTUAL.

“I hate every minute of training, but I said: Don’t quit. Suffer now and live the rest of your life as a champion.” – Muhammad Ali

2.1 Introducción.

En este capítulo se explica de manera general, los inicios de la desregulación, las ideas impulsoras para la promoción de los mercados eléctricos, los modelos que se han tipificado a lo largo del tiempo, sus esquemas de liquidación, las componentes que tienen, así como las diferentes prácticas que se realizan.

2.2 Los beneficios de la desregulación.

El principio de operación de cada uno de los sistemas eléctricos nacionales en el mundo se ha basado mediante la configuración de una empresa con estructura vertical [44], debido al monopolio natural que se forma en la creación de la infraestructura del suministro eléctrico, es decir que la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía eléctrica es operada por el gobierno desde el inicio.

Sin embargo la evolución de la tecnología, los cambios económicos, y la liberación de los entornos políticos, ha logrado la desregulación de los sectores eléctricos [45].

En [46] realiza un reporte de diferentes estudios a lo largo del mundo acerca de los principales beneficios que trae consigo el proceso de desregulación:

- Incremento de la competencia.
- Precios más bajos.
- Precios más bajos para negocios.
- Diferencias de precios más bajas entre regiones.
- Incremento del campo laboral.
- Incremento de la confiabilidad del servicio.
- Un entorno más limpio (energías renovables).

No obstante indica que, para que las ideas antes plasmadas puedan lograrse debe de promoverse un ambiente que prohíba y sancione las prácticas que generen incompetencia, y manipulación del mercado; para poder ilustrar de manera general el proceso de desregulación, se puede partir de la transformación que hoy en día atraviesa México.

2.3 Principio de la desregulación del sistema eléctrico mexicano.

Conforme surgieron las necesidades de requerir de capital externo para la expansión del sistema eléctrico nacional (como lo mostraron los demás países que operan bajo el mismo concepto), México prefirió permitir la inversión privada y operar bajo el esquema de una empresa con estructura horizontal, lo que significa que la generación, transmisión, distribución y comercialización de la energía serán puestos a consigna de las empresas que deseen participar en la operación de los mismos, a lo que dicho proceso se le conoce como “desregulación” [47].

La desregulación de los sistemas eléctricos de potencia (SEP) se basa en el concepto de “mercado” en la rama de la microeconomía, donde la energía se considera un producto, por lo que se tiene un flujo físico del mismo, y un flujo financiero.

La microeconomía estudia el comportamiento que tienen los agentes económicos con respecto al intercambio de bienes y servicios, así como el estudio de los mercados de los mismos [48], por lo que, con lo que respecta al uso de la energía como un producto, difiere de las definiciones y conceptos usuales de un mercado convencional.

Así que al contemplar ambas nociones, surge el concepto de “mercado eléctrico”, donde se contemplan protocolos y acciones de un sistema regulado, y se crea un sistema acorde a las necesidades financieras del mismo, por lo que se crea una nueva entidad, conocida como el operador independiente del sistema (ISO, por sus siglas en inglés), encargado de correlacionar ambas acciones para mantener la continuidad, seguridad confiabilidad y economía en la operación del sistema [47].

El principal motivo de desregular el servicio eléctrico, es que a partir de crear competitividad entre los participantes del mercado, se genere la inversión externa en el país y con ello se fomente la expansión de la infraestructura del territorio nacional, provocando la reducción de costos, generando una mayor cantidad de oportunidades para las personas capacitadas en el rubro y la libre contratación del suministro eléctrico a partir de los agentes participantes del mercado y sus ofertas para el producto.

Para tener un conocimiento amplio, de cómo opera el mercado eléctrico mexicano es necesario conocer el proceso de desregulación que atraviesa un sistema eléctrico de potencia.

Como se ha explicado en los párrafos anteriores, el proceso de desregulación de un SEP, nace de separar la operación de los 4 elementos que lo integran, que en la estructura vertical del sistema eléctrico mexicano se encontraban operados por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) como se puede apreciar en la Figura. 2.1.

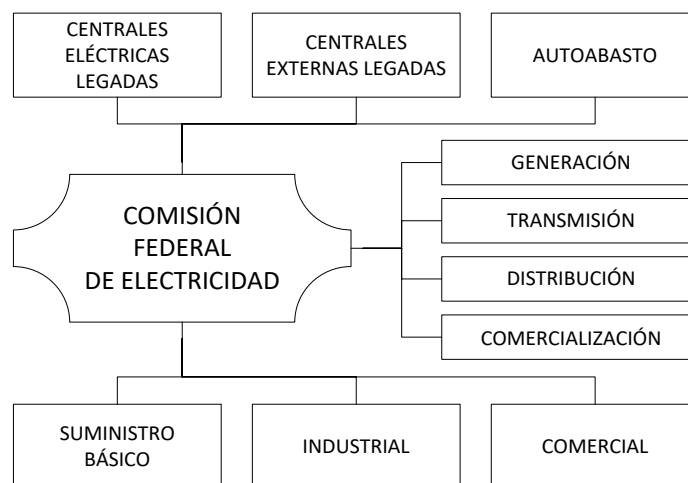


Figura. 2. 1 Modelo vertical de operación del sistema eléctrico mexicano.

- Elaboración con datos de [49].

Mientras que en el proceso de desregulación, aunque dichos elementos se encuentran ligados físicamente, la manera de operarlos se ramifica, de manera que se abre la inversión privada para poder participar en los mismos, es decir, que existen distintas empresas para realizar las funciones que antes eran responsabilidad total de la CFE, por lo que la estructura vertical se convierte en una estructura horizontal con múltiples participantes en ella.

Como se puede apreciar en la Figura. 2.2 en el modelo horizontal, para que los participantes de compra puedan interactuar con los participantes de venta, el ISO o bien el centro nacional del control de la energía (CENACE) debe realizar principalmente dos funciones, el balance de la energía y el manejo de la congestión en la red [50].

Existen distintos modelos de los mercados eléctricos, sin embargo el modelo del mercado mexicano, nace de esta forma, tomando como referencia el diseño de modelos de otros países, como el modelo nodal del mercado texano [51], sin embargo la inversión privada anterior a la reforma se mantiene, como las centrales externas eléctricas legadas.

Como todo sistema eléctrico de potencia que atraviesa por un proceso de desregulación, el mayor proveedor de energía es el generador del gobierno (centrales de CFE), y las compañías de transmisión y distribución (a pesar de no ser participantes del mercado), se encuentran reguladas [52].

Sin embargo, no significa que en un futuro se presenten compañías que muestren iniciativas en participar en las componentes antes mencionadas

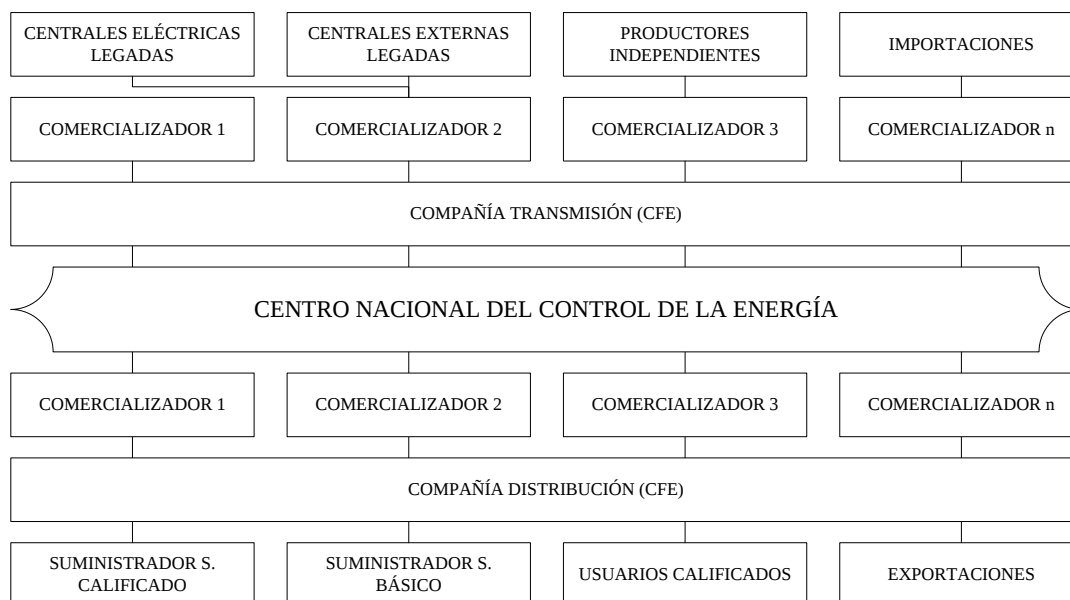


Figura. 2. 2 Modelo horizontal de operación del sistema eléctrico mexicano.
– Elaboración con esquemas de [49].

2.4 Entidades de la nueva configuración del sector eléctrico.

Al crearse la nueva configuración de la operación del sistema eléctrico nacional (SEN) se derivan nuevas entidades, que pueden haber existido o no, antes del proceso de desregulación [26] [53].

2.4.1 Productores independientes

Se definen como generadores que tienen centrales eléctricas cuya suma total de ellas rebasen los 0.5 MW de generación y pueden participar en el mercado eléctrico. Dichos productores pueden ser de inversión privada siempre y cuando cumplan con los requisitos que demanda la Comisión Reguladora de Energía (CRE)

2.4.2 Generadores.

Se definen como productores de energía que pueden o no ser participantes en el mercado eléctrico, y se les atribuye la generación de la energía eléctrica.

2.4.3 Comercializador.

Se definen como participantes del mercado, sin embargo no requieren tener centrales o centros de carga, por lo que son intermediarios.

2.4.4 Centrales legadas.

Son centrales que en un principio fueron creadas bajo el esquema anterior de producción y pertenecen al estado, por lo que su contrato de cobertura eléctrica permanece admisible hasta que se decida migrar al nuevo esquema regulatorio siempre y cuando cumpla con los requisitos de la CRE.

2.4.5 Central externa legada.

Son centrales cuya inversión proviene de capital privado y cuyo suministro de energía debía de ser a partir de un contrato legado según los términos del esquema anterior, y se mantiene admisible hasta que se decida migrar al nuevo esquema siempre y cuando cumpla con los requerimientos de la CRE.

2.4.6 Entidad responsable de carga (ERC).

Se define como los centros (o el centro) de carga que son modelados directamente para representar a un usuario por parte de la demanda.

2.4.7 Usuario calificado.

Se define como una ERC cuya suma de la demanda de sus centros de carga rebase los 3MW, por lo que se puede considerar como un participante directo del mercado o a través de un suministrador de servicio calificado, según él lo decida.

2.4.8 Suministrador de servicio básico.

Se define como un proveedor de servicio eléctrico cuya demanda proviene de los centros de carga de los usuarios de demanda no mayor a los 3MW o usuarios que decidieron permanecer en este esquema y no ser tipificado como usuario calificado.

2.4.9 Suministrador de servicio calificado.

Se define como un proveedor de servicio eléctrico para los centros de carga y usuarios calificados que decidieron ser considerados dentro de este bloque de energía y cuya demanda rebasa los 3 MW.

2.4.10 Transportista y Distribuidor.

Son permisionarios de la red cuya función son la de transportar y distribuir respectivamente, y no se consideran participantes del mercado.

2.5 Modelos generales de los mercados eléctricos por su tipo de operación.

Los sistemas eléctricos desregulados se dividen en tres grandes grupos, modelos centralizados, descentralizados e híbridos, dependiendo del tipo de operación que realice el mismo.

Los sistemas eléctricos desregulados con una operación centralizada como el Reino Unido [54], se caracterizan por hacer la entrada a la bolsa de energía obligatoria, es decir que la única modalidad de venta y compra para los generadores y consumidores son las ofertas en el mercado, por lo que el ISO tiene gran influencia en el intercambio de energía, es por ello que se le denomina MaxISO (usualmente el operador del mercado y del sistema son la misma empresa) y el sistema adopta el nombre de “Mercado de intercambio o Pool” [47].

La operación consiste en que el operador del mercado así como el operador del sistema conforman la misma entidad, la cual a partir de las ofertas de venta de los generadores, importaciones, demanda sensible al precio y el pronóstico de la demanda “tomador de precio”, genere la liquidación del mercado y la evalúe con el estado de la red, para su factibilidad.

Resultado de las acciones antes mencionadas (Figura. 2.3) el MaxISO genera el compromiso de unidades, la cual consiste en asignar los tiempos de operación y paro para cada central; el despacho económico, el cual indica las cantidades de energía despachada para cada generador en su tiempo de operación, y por último los precios marginales locales, que indican el valor monetario con el que se vende y compra la energía dado el nodo de conexión de cada participante, debido a esto los participantes no tienen la certeza de quien compra y vende la energía.

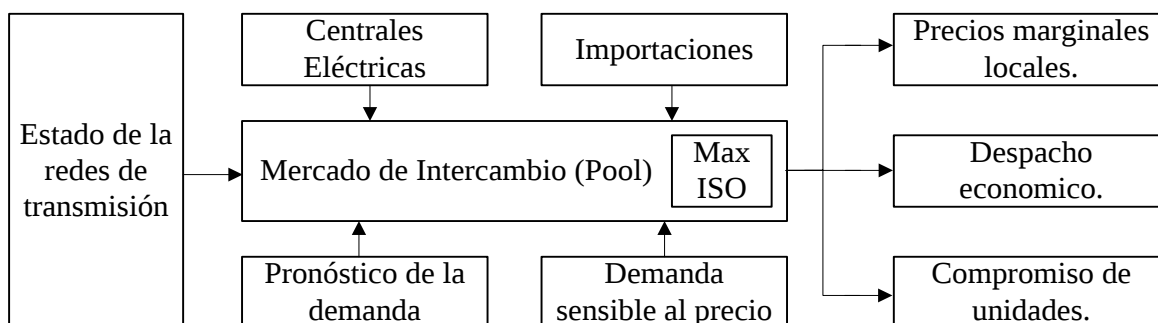


Figura. 2. 3 Modelo del mercado de intercambio – Elaboración propia.

Se puede deducir que la operación es similar al de un sector regulado, por ello se tipifica como centralizado, donde la libertad de los participantes es limitada.

Los mercados con operación descentralizada como los inicios del mercado Californiano con el “California Power Exchange (CalPX)” de Estados Unidos [55], operan de una forma distinta, puesto que su modalidad fomenta el intercambio de energía a partir de contratos bilaterales, y por ello a pesar de que el ISO tiene una configuración “MinISO” por su poca influencia en el mercado, tiene al igual que el anterior esquema, la obligación de mantener la operación del sistema asegurando el intercambio de energía entre los agentes, es por ello que se conoce como “Mercado de contratos bilaterales [47]”.

La operación consiste en que el operador del mercado (Intercambiador de energía) se encuentra de manera independiente al operador del sistema (MinISO), de manera que el primero recopila las ofertas de venta y compra evaluando su factibilidad con la información de la red, creando los contratos entre los ganadores de las ofertas, mientras que por otro lado el segundo realiza las operaciones necesarias para que dicho intercambio se pueda llevar a cabo día a día, programando los generadores para tener una coordinación óptima, teniendo como restricciones el estado de la red (Figura. 2.4).

Usualmente cuando la compra y venta ha sido realizada y los contratos han sido creados, los vendedores no tienen el compromiso de indicar a sus compradores con que generadores producirán la energía, y en viceversa, los compradores no tienen el compromiso de indicar a sus vendedores donde se consumirá la energía, de manera que a pesar de que los participantes tienen la certeza de la entidad con la que se ha realizado el contrato, no tienen la convicción de donde se produce o se distribuye el producto [56].

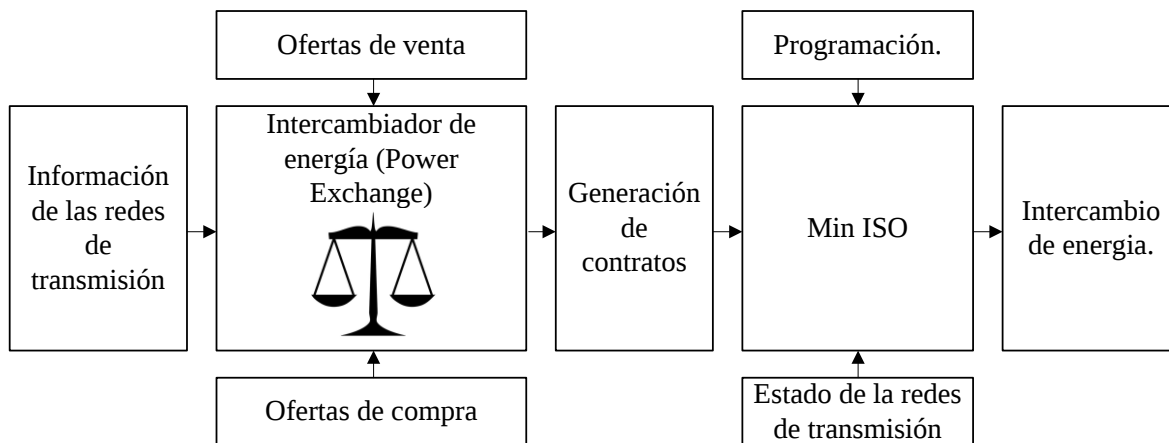


Figura. 2. 4 Modelo del mercado de contratos bilaterales – Elaboración propia.

Por otro lado el mercado eléctrico mexicano adopta la tercera modalidad conocida como “Mercado Híbrido” [47] donde la inclusión a la bolsa de energía no es obligatoria, y se permiten la introducción de contratos bilaterales.

La operación de este diseño de mercados promueve la competencia mayorista, donde pueden o no estar separados el operador del mercado y el del sistema, por una parte existe la inclusión de un mercado de contratos bilaterales y un mercado de intercambio, como resultado se provocan la combinación de ambos. La coordinación de este tipo de mercados requiere un buen sistema de adquisición de datos entre ambos operadores, si es que estuviesen separados, para tener una buena operación en tiempo real [57] como se observa en la Figura. 2.5.

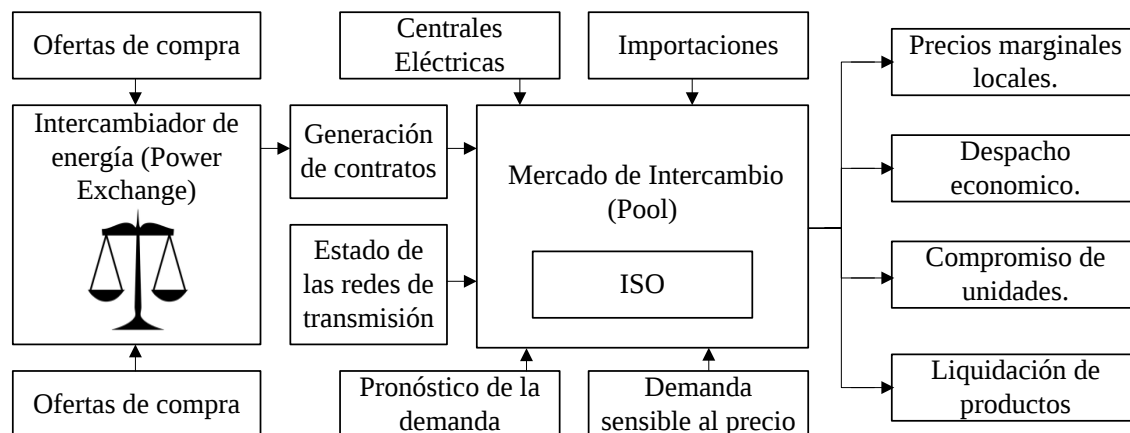


Figura. 2. 5 Modelo del mercado híbrido – Elaboración propia.

Sin importar el diseño de cada mercado los objetivos más relevantes que debe de cumplir el operador independiente del sistema para poder generar un mercado competitivo son [54]:

1. Confiabilidad: El ISO debe poder coordinar operaciones a corto plazo que aseguren la confiabilidad del sistema mientras se mantienen los precios competitivos.
2. Independencia: El gobierno debe asegurarse que la estructuración del ISO no incluya a ningún participante del mercado que pueda tener criterios del control u operación del sistema.
3. Igualdad: El ISO debe de permitir la libre entrada al mercado, y aplicar los mismos precios y servicios a todas los participantes sin discriminación.
4. Desagregación: El ISO debe de ser capaz de separar los distintos tipos de productos y servicios para su oferta y consumo, de manera que no deben estar condicionados a la adquisición de otro.
5. Eficiencia: El ISO debe garantizar que el mercado opere acuerdo a las normatividades de manera que los precios apoyen a generar un mercado competitivo, y de esta manera se mitigue el poder de mercado.

2.6 Modelos generales de los mercados eléctricos por su grado de libertad.

La operación a su vez puede ser clasificada con respecto a la libertad de vender y comprar sin la dependencia de alguna entidad. En [58] propone tipificar tres estructuras, comprador único o competencia por el mercado, competencia mayorista o competencia en el mercado, y el modelo de libertad o competencia plena.

Cuando los sectores eléctricos de cada país atraviesan el proceso de desregulación, es común que antes de tener un grado de libertad plena, la primera componente de los sistemas eléctricos de potencia en desregularse sea la generación, de manera que el comprador que predomine sea el mismo gobierno al tener cautivos a los centros de carga de todo el país. Por otro lado la mayor cantidad de energía comercializada será la generación proveniente de las unidades generadoras del gobierno, por lo que el monopolio natural es transformado a un monopsonio [59] debido a que la comercialización ocurre entre el mismo participante [52].

En cuanto a las demás componentes del sistema (transmisión, distribución) para este modelo, permanecen reguladas operando de manera vertical como se muestra en la Figura. 2.6.

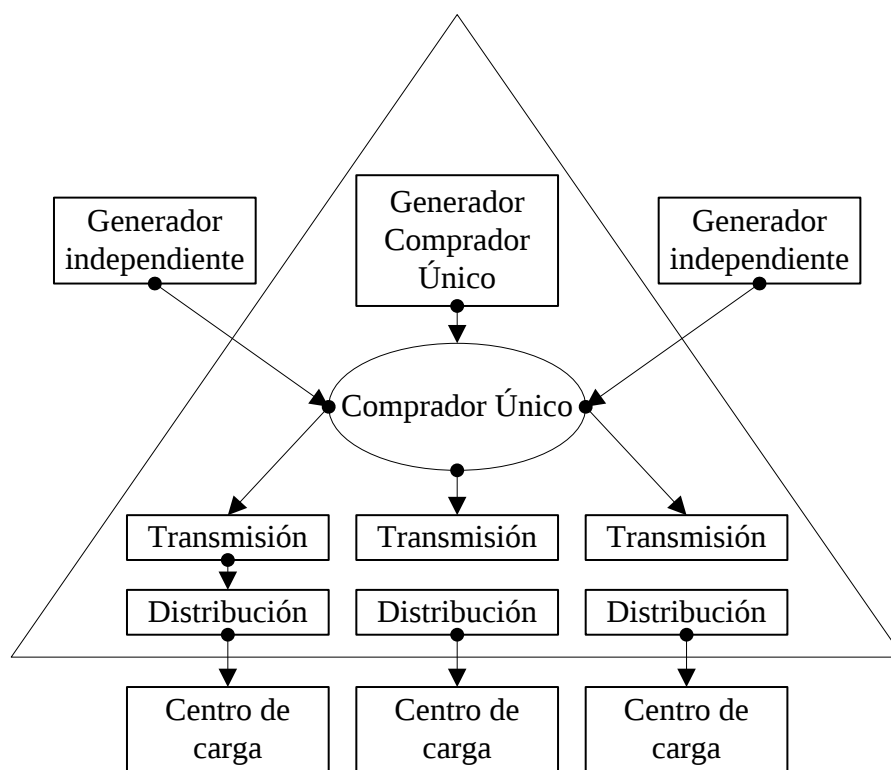


Figura. 2. 6 Modelo del comprador único - Reconstruido de [60]

Cuando la componente de distribución y comercialización son desreguladas, se crean compañías de distribución y comercialización de energía, de manera que empieza a existir la competencia mayorista [52] entre distribuidores y generadores, permitiendo una libre compra y venta de energía entre ellos, sin la necesidad de involucrar al mercado organizado.

Las acciones antes mencionadas son conocidas como contratos bilaterales, en los que los consumidores y generadores crean preacuerdos acerca de la comercialización de la energía entre ellos. Mismas prácticas pueden ser fomentadas por el mercado a partir de subastas, o bien pueden ser ajenas a él.

En la Figura. 2.7 se puede apreciar que los generadores independientes tienen la opción de vender su energía en el mercado organizado o bien directamente con los distribuidores fomentando la competencia.

Por otro lado a pesar de que los distribuidores puedan vender energía a los centros de carga que se encuentren en su territorio, las redes de distribución así como de transmisión son reguladas como en el modelo vertical, debido a que no se consideran participantes del mercado.

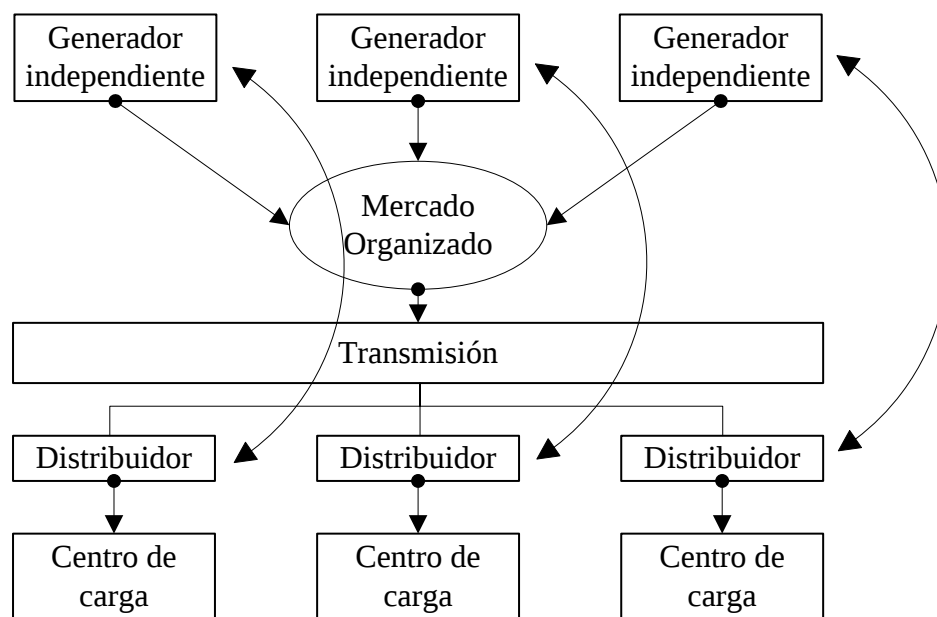


Figura. 2. 7 Modelo de competencia mayorista - Reconstruido de [60]

En cuanto a los centros de carga, al ser participantes minoristas, dependen del distribuidor para conseguir precios que satisfagan sus necesidades.

El modelo de competencia plena se logra cuando todos los participantes del mercado no dependen de ninguna entidad para poder comprar o comercializar sus productos [58], aprovechando dicho criterio surge una nueva entidad conocida como comercializador, el cual puede ser definido como el mediador entre dos entidades, es decir que no necesariamente debe de tener una generación o una demanda para vender o comprar respectivamente los productos, en otras palabras al ser acreedor de energía comprada por un medio, este puede venderla a otro participante, generando un mayor movimiento en el mercado.

Por otro lado se crea un mercado minorista, es decir que los centros de carga pueden celebrar contratos con los participantes que ellos deseen (Figura. 2.8) generando una mayor competitividad.

Una integración vertical es el resultado de iniciativas económicas, por lo que la generación, transmisión y distribución son las que generan los precios, sin embargo cuando se alcanza la libertad completa del mercado y se diseñan las reglas del mismo para generar competitividad, se fomenta la inversión de los participantes en sí mismos [61].

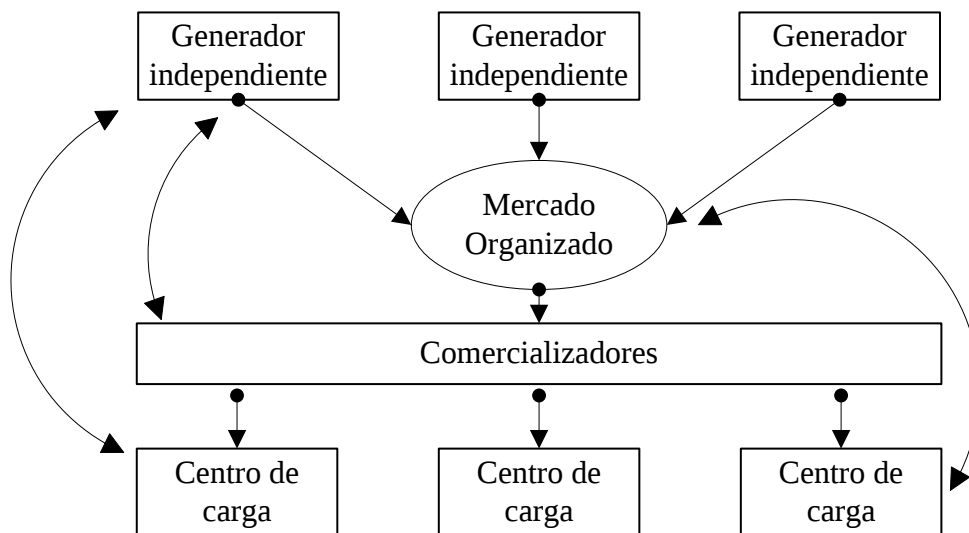


Figura. 2. 8 Modelo de competencia plena - Reconstruido de [60]

Si se observa con detenimiento los tres modelos antes planteados, el mercado mexicano atraviesa por el modelo de comprador único, debido a que sus participantes están compuestos mayormente por entidades del gobierno, sin embargo el diseño del mismo se encuentra preparado para poder ser operado bajo el modelo de competencia mayorista en un corto tiempo.

2.7 Modelos generales de los mercados eléctricos por su esquema de liquidación.

La forma de subastar y liquidar los productos que se ofrecen y adquieren, ha sido uno de los más grandes problemas en el diseño de los mercados eléctricos, esto debido a que existen dos principales maneras de realizar el procedimiento.

Una fomenta la competitividad tratando a todos los participantes de forma igualitaria, de manera que el principal objetivo de los participantes es ser contemplado en el mercado, sin que el precio de cierre afecte sus intereses, es decir que existe un precio único por el producto. Mientras que la segunda manera es discriminatoria, es decir que los participantes deben de diseñar su oferta de manera que sean contemplados en el mercado considerando que tal oferta será el precio que reciban por su producto.

2.7.1 Liquidación marginal.

En este tipo de mercado los “vendedores” ofrecen el precio de sus productos usualmente considerando que a mayor cantidad de productos vendidos será mayor el precio por unidad de este producto, es decir que el costo por la última unidad vendida será mayor que la anterior, y así sucesivamente. No necesariamente ocurre de esta manera, sin embargo se da por entendido que no existirán fragmentos de sus ofertas que generen curvas negativas, por lo que aquellas ofertas de venta muestran la mínima cantidad que desean recibir por sus productos; y por el lado contrario, las ofertas de compra tienden a mostrar curvas negativas definiendo que a mayor cantidad comprada, menor precio pagado por la ultima unidad considerada, es decir que las ofertas expresan el máximo costo por unidad que están dispuestas a pagar como se observa en la Figura. 2.9.

Una vez recopiladas todas las ofertas, tanto de vendedores como de compradores, el mercado marginal indica que se determina un precio de vaciado de mercado, o un “precio de cierre de mercado” como se indica en las bases del mercado eléctrico mexicano [53].

Este factor indica gráficamente las ofertas de venta y compra que fueron consideradas, por lo que las ofertas de mayor precio para vender y las de menor precio para comprar, no serán consideradas en la liquidación y se excluyen del mecanismo hasta la nueva subasta.

Además, el principal significado del factor es que indica el precio de compra y venta de las ofertas consideradas, es decir, que a pesar de que los ofertantes hayan ofrecido un costo por unidad por debajo del precio (venta) o un costo unidad por encima (compra) tanto como compradores como vendedores recibirán y compraran respectivamente a este precio, por lo que se da por entendido que el precio de vaciado del mercado no estará por debajo del precio de venta de la oferta más alta considerada, o por debajo de la oferta de compra más baja considerada [62].

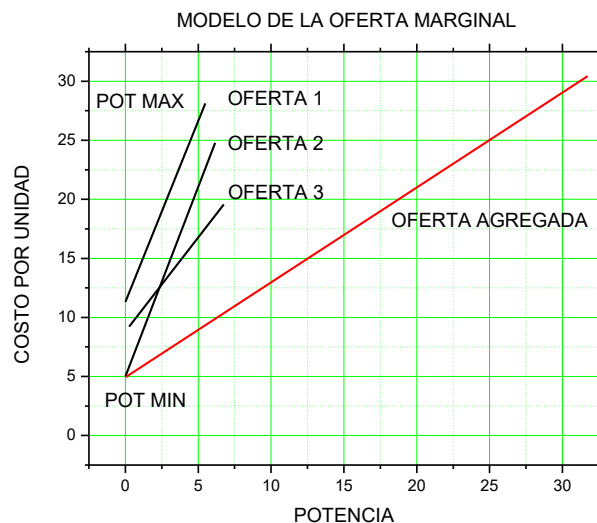


Figura. 2. 9 Modelo de las ofertas en un mercado marginal [32] – Elaboración propia.

2.7.2 Liquidación discriminatoria.

En este tipo de mercado los vendedores y compradores ofertan al precio por unidad que desean recibir, es decir que al igual que el mercado anterior las pendientes de las curvas de las ofertas de venta son positivas y las de compra negativas. Usualmente este tipo de mercados tienen curvas particularmente expresadas por escalones como se muestra en la Figura. 2.10, es decir que ofrecen bloques de productos a precios por unidad fijos. No necesariamente ocurre de tal manera sin embargo es común que se desarrolle dicha forma de ofertar.

Al igual que el esquema de liquidación marginal, una vez recibidas todas las ofertas de compra y venta, se ordenan de forma ascendente (venta) y descendente (compra) para que de esta forma se obtenga el precio de cierre del mercado [63].

A diferencia del mercado marginal, el precio de cierre del mercado con liquidación marginal, indica solamente las ofertas que serán consideradas en la liquidación, por lo que las ofertas de compra deberán adecuarse con respecto las de venta, es decir que el precio que pagarán los compradores, será igual al precio que los vendedores recibirán sin importar las diferencias entre el precio de venta, compra y el precio de cierre. Por ello se da por entendido que la oferta más baja de compra podrá satisfacer los precios de venta de la oferta más alta.

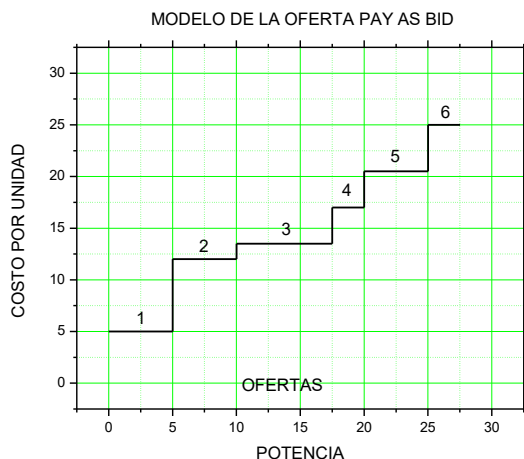


Figura. 2. 10 Modelo de las ofertas en un mercado con liquidación discriminatoria –
Elaboración propia.

La literatura general de la microeconomía indica que ambos mercados tienden a ser eficientes y no existen ventajas el uno sobre el otro, siempre y cuando las maneras de operarlos sean eficientes y competitivas [63].

2.7.3 Comparación de liquidaciones.

Para poder ilustrar los dos tipos de liquidaciones que se pueden llevar en los mercados, se genera el siguiente ejercicio. Como se puede observar en la Figura. 2.11, se tiene un sistema uninodal con cuatro generadores y una sola carga tomadora de precio, es decir que su demanda no es sensible al mercado.

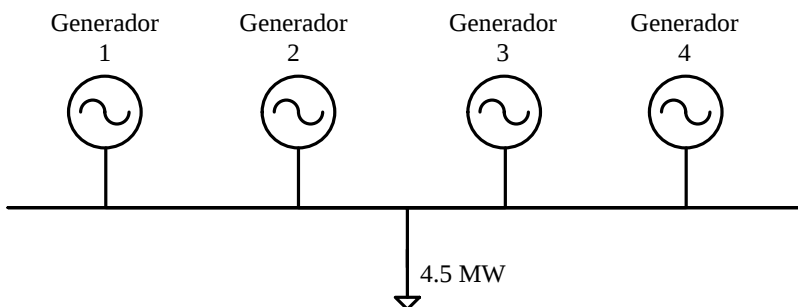


Figura. 2. 11 Sistema uninodal – Elaboración propia.

Las ofertas de los generadores para el sistema anterior se muestran en la Tabla 2.1, donde se puede apreciar ofertas mutuamente condicionadas, es decir que para poder contemplar la segunda oferta la primera debe de ser ganadora.

Tabla 2. 1 Ofertas generadores sistema uninodal

Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Oferta
Cantidad 1MW	Cantidad 1MW	Cantidad 1MW	Cantidad 1MW	Primera oferta
Precio. 1000 M.N.	Precio. 2800 M.N.	Precio. 900 M.N.	Precio. 600 M.N.	
Cantidad 1MW	Cantidad -MW	Cantidad 1MW	Cantidad 1MW	Segunda oferta condicionada a la admisión de la primera.
Precio. 1500 M.N.	Precio. - M.N.	Precio. 2000 M.N.	Precio. 650 M.N.	

Al ser un problema de optimización simple, se puede resolver gráficamente, ordenando las ofertas de los generadores y manteniendo la demanda en un valor fijo como se observa en la Figura. 2.12., donde el precio de cierre del mercado recibió el valor de \$1500, es decir que las ofertas menor o igual a ese precio se consideran ganadoras, mientras que las que tienen un valor mayor no participan en la liquidación.

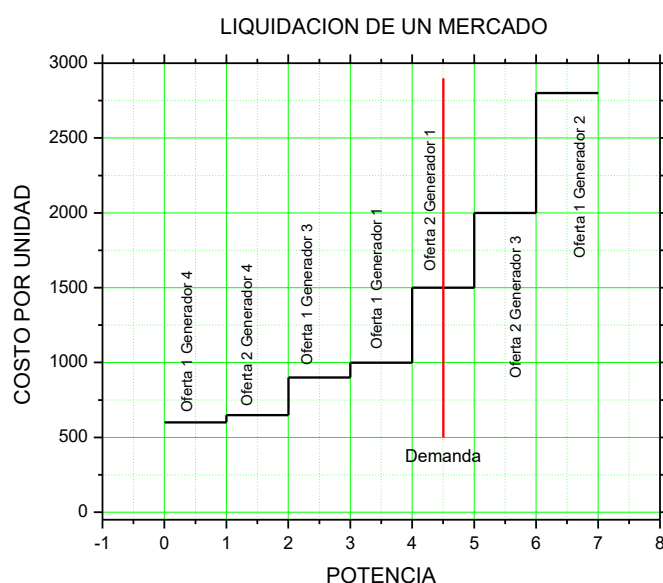


Figura. 2. 12 Liquidación del mercado del sistema uninodal – Elaboración propia.

Como se observa en la Tabla 2.2, la liquidación discriminatoria, se basa en pagar al ofertante tal cual este mismo ofertó, a pesar de que el precio de cierre fuese mayor este recibirá únicamente las cantidades acorde a su oferta.

Este tipo de liquidación fomenta la reducción de precios teniendo en cuenta que el comprador puede o no ser aceptado en el mercado, de manera que para ser aceptado la oferta debe ser lo suficientemente baja para ser igual o menor al precio de cierre.

Tabla 2. 2 Liquidación del mercado con el modelo discriminatorio.

Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Total
Cantidad vendida 1.5 MW	Cantidad vendida 0 MW	Cantidad vendida 1MW	Cantidad vendida 2MW	Cantidad total 4.5 MW
Monto recibido. 1750 M.N.	Monto recibido. 0 M.N.	Monto recibido. 900 M.N.	Monto recibido. 1250 M.N.	Costo de la generación. 3900 M.N.

Como se observa en la Tabla 2.3, la liquidación del mercado marginal se basa en pagar a los ofertantes ganadores con base al precio de cierre, de manera que a pesar de haber ofertado un menor precio recibirán el pago por el mismo.

En este otro tipo de liquidación el fomento de reducción de precios se basa en que los ofertantes tienen la garantía de recibir el precio de cierre aunque su oferta sea de menor costo, sin embargo, si los participantes ofertan a un menor precio teniendo como ventaja el criterio antes mencionado, estos mismos reubicarían la curva de la oferta y por ende el precio de cierre también asumiría una tendencia a la baja.

Tabla 2. 3 Liquidación del mercado con el modelo marginal

Generador 1	Generador 2	Generador 3	Generador 4	Total
Cantidad vendida 1.5 MW	Cantidad vendida 0 MW	Cantidad vendida 1MW	Cantidad vendida 2MW	Cantidad total 4.5 MW
Monto recibido. 2250 M.N.	Monto recibido. 0 M.N.	Monto recibido. 1500 M.N.	Monto recibido. 3000 M.N.	Costo de la generación. 6750M.N.

2.8 Modelos generales de los mercados eléctricos por su forma de inclusión de la red.

Como se ilustró anteriormente los mercados eléctricos se pueden tipificar por su manera de operar (centralizado, descentralizado o híbrido), por su forma de liquidar sus productos (marginal o pago como oferta) o bien por su grado de independencia (comprador único, competencia mayorista o modelo de libertad). Aunque la liquidación de cualquier mercado se basa en la generación de un precio de cierre, los mercados eléctricos se caracterizan en involucrar las condiciones de la red, en el mismo.

Básicamente la operación se puede dividir en dos modelos; la generación de precios a partir de zonas o regiones tal como el Mercado Interno Europeo lo realiza (ver Fig 2.13), o bien el modelo nodal, como opera el mercado texano y recién creado el mercado mexicano (ver Fig 2.14).

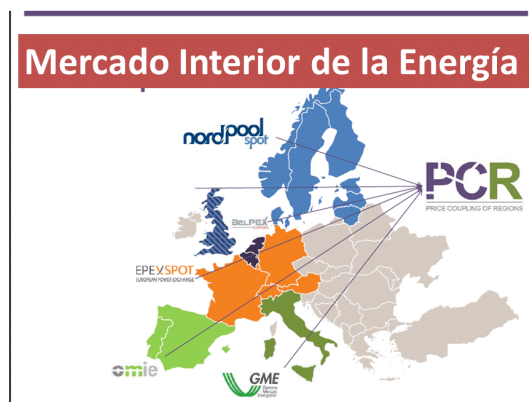


Figura. 2. 13 Modelo del mercado por regiones europeo [64].

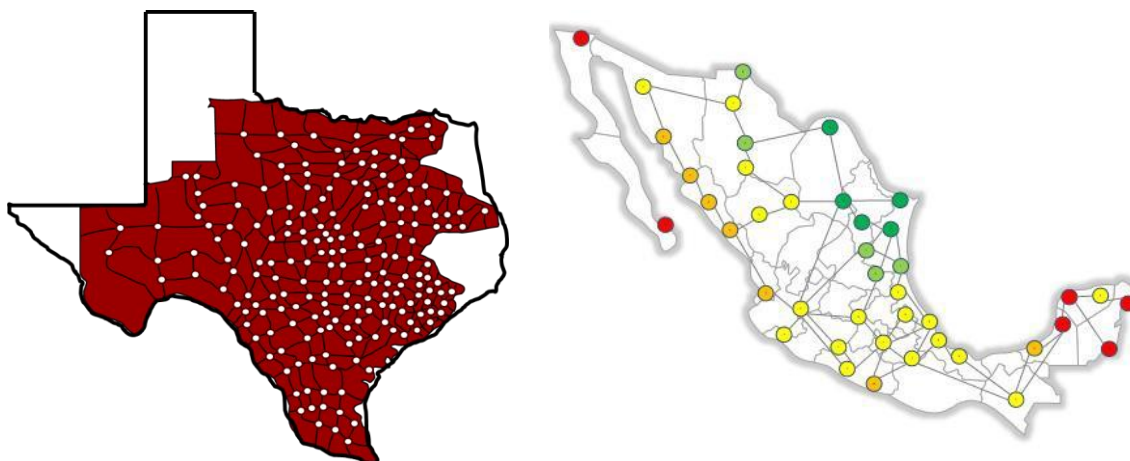


Figura. 2. 14 Modelo del mercado nodal texano [51] y mexicano [65].

Los precios marginales locales tienen el mismo propósito del precio de cierre en un mercado marginal, es decir que representa el valor monetario con el cual se compra y vende el producto (energía), a diferencia de que en los PML están compuestos por el valor monetario de la energía en un nodo, dada las condiciones de la red.

2.8.1 Interpretación de los precios marginales locales.

Los PML están compuestos por el valor monetario marginal de la energía, pérdidas y congestión en un nodo en específico (Fig 2.15).

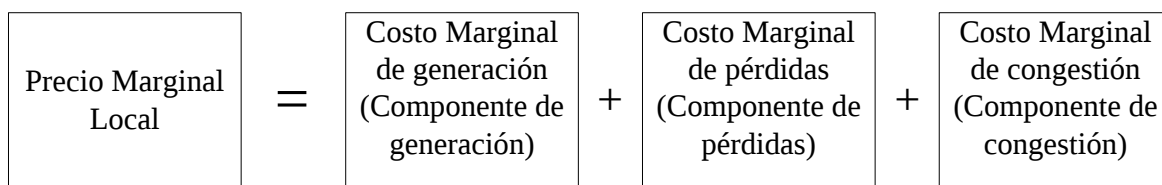


Figura. 2. 15 Componentes de los PML [66].

Para ilustrar los conceptos mencionados, se parte de un sistema de tres nodos, donde para simplificar los cálculos dados por los parámetros de las líneas de transmisión, se fijan porcentajes que muestran los sentidos y magnitudes de la potencia que es transferida entre los nodos dada la inyección en los puntos de generación, tal como se muestra en la Fig 2.16

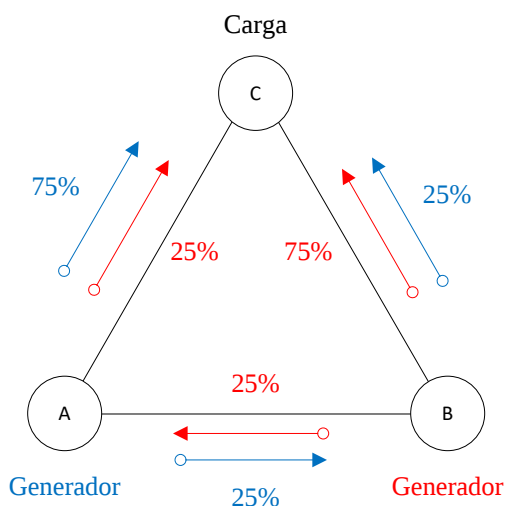


Figura. 2. 16 Porcentajes del sistema de tres nodos – Elaboración propia.

Suponiendo que la única carga en el sistema se encuentra en el nodo C con una magnitud de 100 MW, las ofertas del generador A y B están dadas por \$150 y \$170 respectivamente. Luego de realizar el despacho (Figura. 2.17), evidentemente el generador A suministra la carga en su totalidad debido a que su oferta es de menor precio que la del generador B.

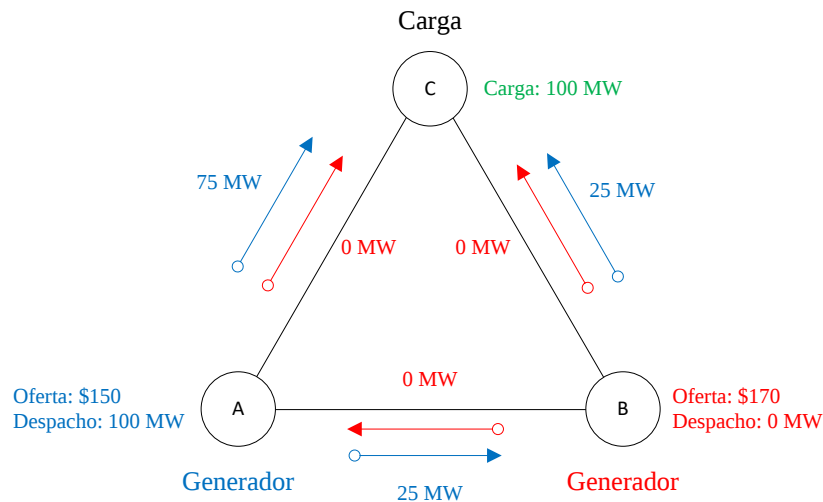


Figura. 2. 17 Despacho caso base sistema de tres nodos – Elaboración propia.

Para mostrar la interpretación de las componentes de los PML se parte de este caso, sin embargo cabe mencionar que el propósito es únicamente ilustrativo para comprender los conceptos, por lo que no se utiliza ningún método de optimización, de modo que no se calcula ninguna variable dual y no es posible calcular las componentes de forma individual, así que la componente de energía se encontrará inmersa en todos los casos.

2.8.1.1 Componente de energía.

El PML de un nodo representa el costo por producir un MW adicional en el mismo [67], por lo que para calcular el PML del nodo A se le conecta una carga ficticia de un MW, como se puede apreciar en la Figura. 2.18 de manera que es suministrada por el mismo generador debido al ser la oferta de menor costo, luego entonces el PML de este nodo es \$150.

Al no contemplar las pérdidas ni una posible congestión, dicho precio puede ser tipificado como la componente de energía del PML.

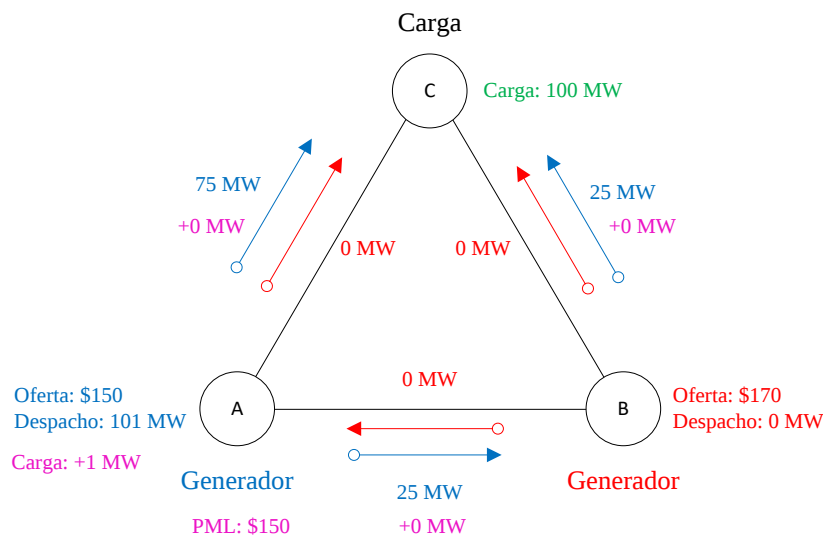


Figura. 2. 18 PML nodo A (Energía) – Elaboración propia.

El PML del nodo B es de igual magnitud que del nodo A esto debido a que, a pesar de que la carga ficticia esté conectada en el mismo nodo del generador B, su oferta es de mayor costo comparada con la del generador A, luego entonces el MW adicional tiene un costo de \$150, como se muestra en la Figura. 2.19.

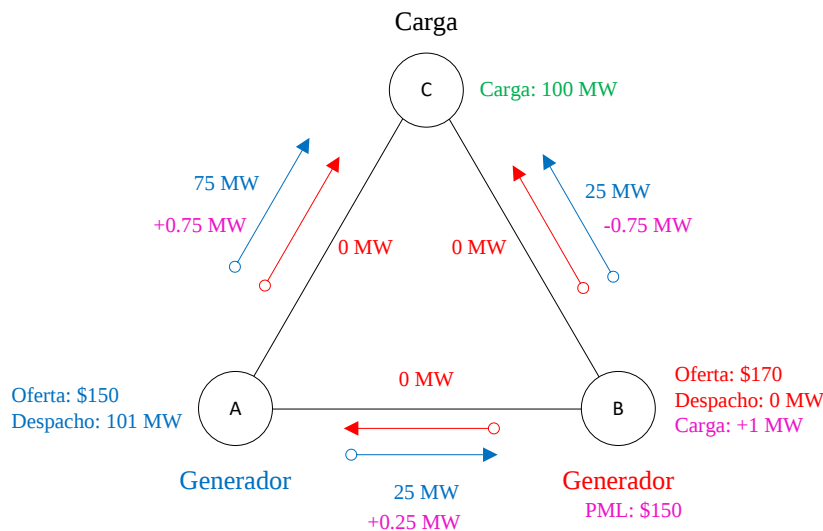


Figura. 2. 19 PML nodo B (Energía) – Elaboración propia.

El MW adicional del nodo C es suministrado por el generador A por lo que todos los PML del sistema son de la misma magnitud, esto debido a que el sistema no se encuentra restringido por nada, y los MW adicionales pueden ser suministrados por el generador A como se muestra en la Figura. 2.20.

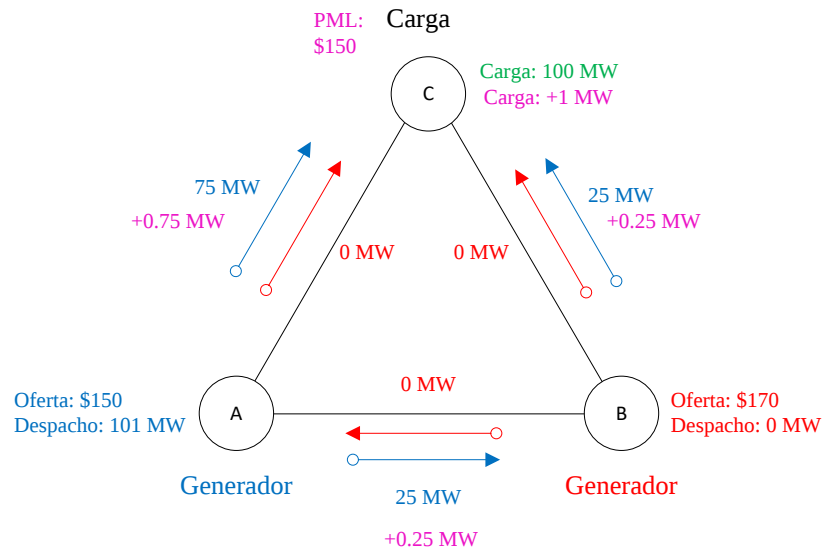


Figura. 2. 20 PML nodo C (Energía) – Elaboración propia.

2.8.1.2 Componente de congestión.

Suponiendo que la línea A-C tiene un límite de transmisión de 75.2, el PML del nodo A resulta ser de la misma magnitud (\$150) debido a que el mismo no viaja por la red (Figura.2.21).

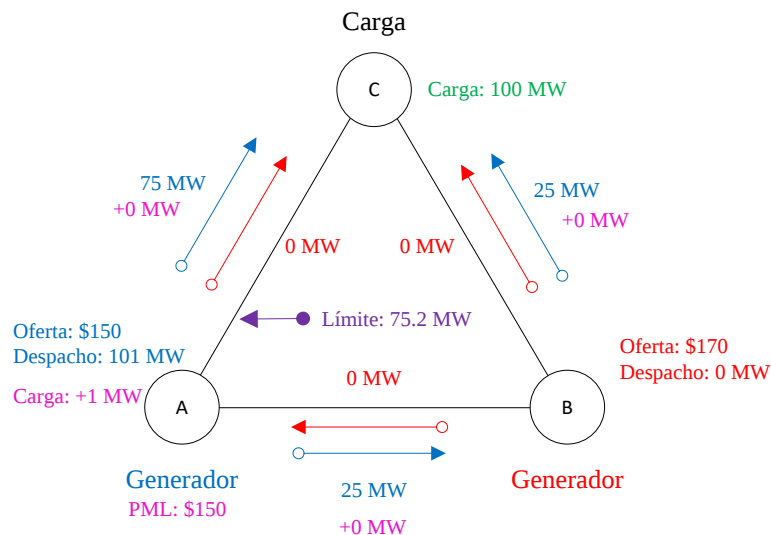


Figura. 2. 21 PML nodo A (Congestión) – Elaboración propia.

Por otro el PML del nodo B, tiene un costo distinto, debido a que dadas las condiciones de la red el generador A no puede suministrar en totalidad la carga adicional. Si se observa con

detenimiento la línea A-C de la Fig 2.22, se encuentra a su límite, de manera que se encuentra “congestionada” es decir que a pesar de que exista generación de menor costo, la condición de la línea no permite que circule esta generación a través de ella, teniendo que inyectar generación de mayor costo, provocando un PML de 164.8 para el nodo B.

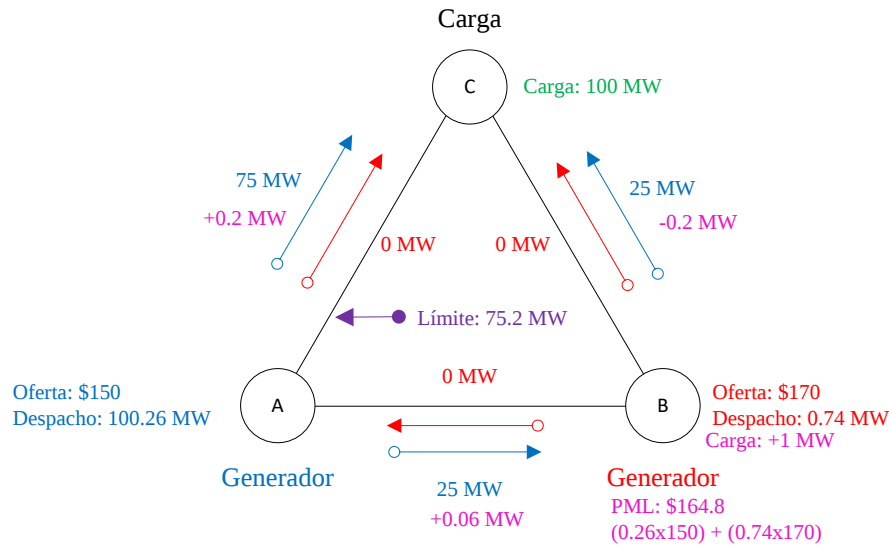


Figura. 2. 22 PML nodo B (Congestión) – Elaboración propia.

Una situación similar existe para el cálculo del PML del nodo C, debido a la congestión de la línea A-C provocando un PML de \$172 como se muestra en la Figura. 2.23

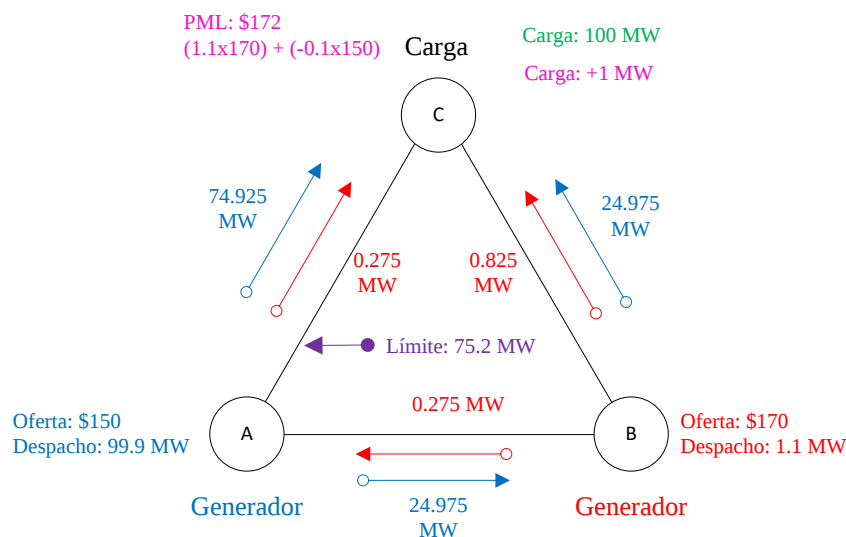


Figura. 2. 23 PML nodo C (Congestión) – Elaboración propia.

2.8.1.3 Componente de pérdidas.

Para mostrar la interpretación de la componente de pérdidas se parte de una modificación del caso base, donde se plantea que cada elemento de transmisión consume el 10% de la potencia que circula a través de él, luego entonces el despacho económico se muestra en la Figura. 2.24.

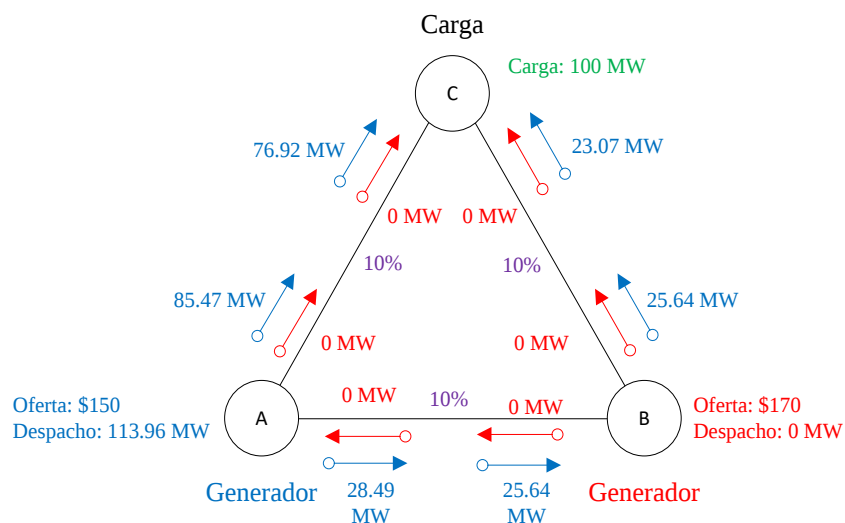


Figura. 2. 24 Despacho con pérdidas sistema de tres nodos – Elaboración propia.

Se puede observar en la Figura. 2.25 que el PML del nodo A es igual al del caso base (\$150) esto debido a que el generador A es el que suministra el MW adicional, y no viaja por la red, por lo que no genera pérdidas luego entonces se puede deducir que este generador es la máquina marginal.

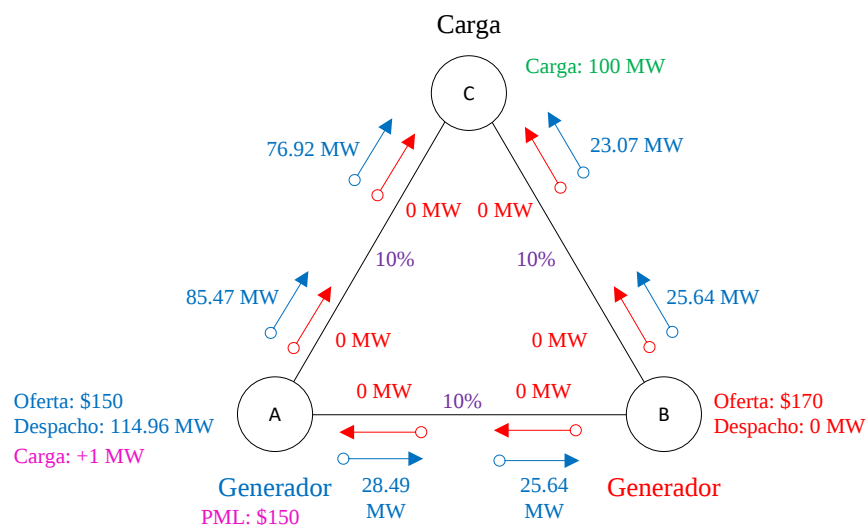


Figura. 2. 25 PML nodo A (Pérdidas) – Elaboración propia.

Por otro lado la Figura. 2.26 muestra que a pesar de que el MW adicional para el cálculo del PML del nodo B, podría ser suministrado por el generador B este tendría un costo mayor (\$170) en comparación de ser suministrado por el generador A incluyendo las pérdidas que genere, teniendo un costo de \$153.

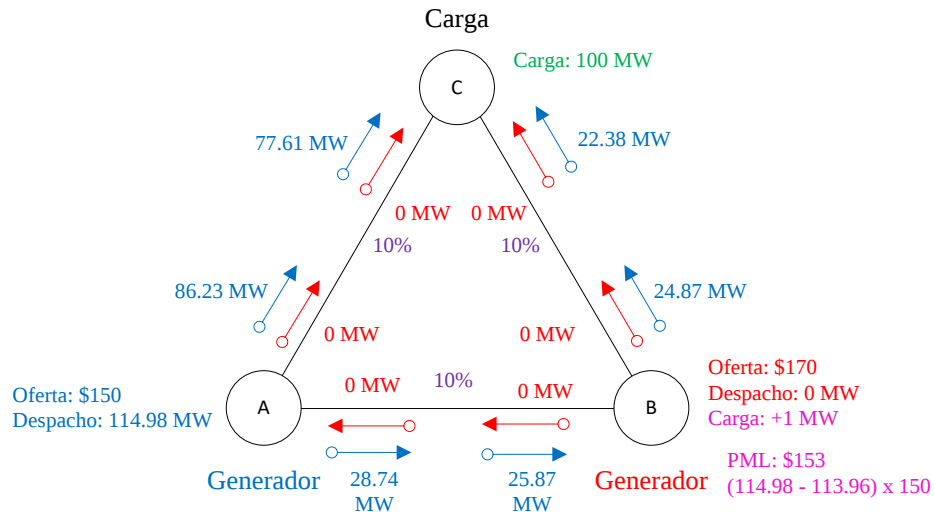


Figura. 2. 26 PML nodo B (Pérdidas) – Elaboración propia.

Una situación similar ocurre para el cálculo del PML del nodo C, se puede observar en la Figura. 2.27 que el suministro del MW adicional proviene del generador A, teniendo que inyectar a la red una magnitud mayor para contemplar las pérdidas que involucra la transmisión del producto elevando su costo a \$169.

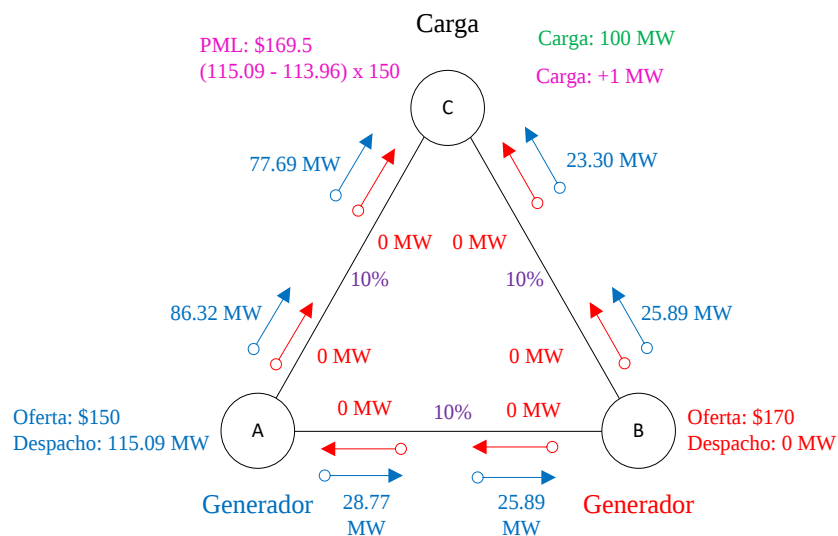


Figura. 2. 27 PML nodo C (Pérdidas) – Elaboración propia.

2.9 Modelos generales de las subastas

Las subastas han sido utilizadas desde que se le han atribuido valor a los objetos, se ha reportado que las subastas han sido usadas desde el año 500 a. c. en Babilonia, el concepto se le atribuye al mecanismo por el cual entidades pueden competir para comercializar bienes y servicios satisfaciendo sus necesidades [68]. Parte principal del proceso de liberación de los sectores eléctricos fue la implementación de las subastas, ya que las mismas podrían fomentar la inversión de capital externo en el desarrollo de los países sin embargo su implementación fue a distintos ritmos bajo distintos esquemas.

2.9.1 Subastas a corto plazo.

La incorporación de las subastas de manera formal a los sectores eléctricos tuvo lugar en los procesos de desregulación, donde los productores independientes comenzaron a comercializar la producción de la energía a través de los ISO en mecanismos llamados como mercados mayoristas [69], la metodología consistía en que por medio de un mercado de día en adelante, los interesados en participar generaban ofertas de acuerdo a bloques de energía para un horario en específico, y por medio de algoritmos de optimización se generaba la solución, donde se publicaba las ofertas ganadoras, los despachos de las máquinas y los precios a pagar por el producto; este tipo de prácticas son tipificadas como subastas a corto plazo.

El mercado mayorista de Inglaterra comenzó en 1990 como una subasta, donde las compañías de generación debían ofrecer toda su capacidad de producción en la misma, el objetivo era comprar la energía al más bajo costo, para que se pudiera comercializar a través de diversos suministradores hasta los consumidores [70].

Las subastas en un principio se asociaban directamente con los intercambiadores de energía, que a diferencia de los mercados centralizados, la participación era voluntaria y la información era de carácter confidencial [71].

Básicamente las primeras subastas se podían clasificar en dos tipos, el modelo horario o el modelo por bloques de energía [72], el primero consiste en que la realización de las subastas se presentan de manera horaria y los productores independientes obedecen las indicaciones para suministrar la energía dependiendo de los resultados de cada subasta.

Como se puede observar en la Figura. 2.28 la curva del pronóstico de la demanda se divide de forma horaria sin importar la forma, de manera que a pesar de que existan regiones que expresen desbalances entre la demanda pronosticada y el despacho, los PML se calculan con dichos parámetros debido a que tal acción es una aproximación de la demanda puesto que esta no se conoce de manera plena.

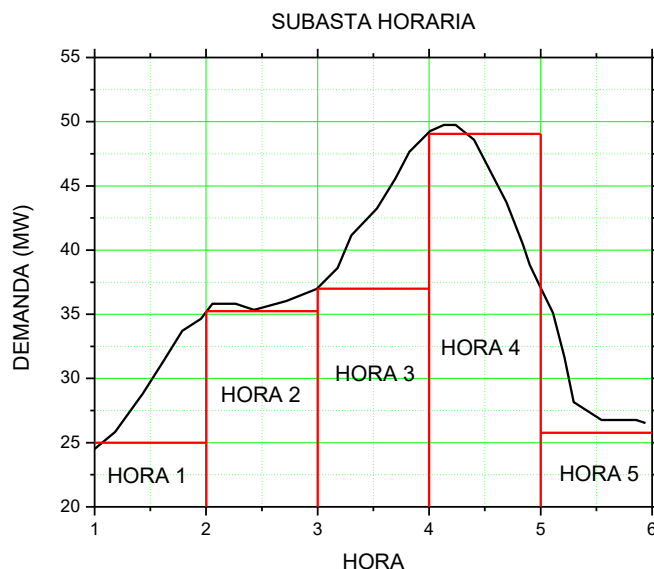


Figura. 2. 28 Subasta a corto plazo por hora – Elaboración propia.

Por otro lado el segundo modelo se refiere a la comercialización de energía por bloques (Figura. 2.29), sin importar la segmentación por horas, este tipo de subastas están orientadas a los productores independientes que proveen su energía por medio de plantas generadoras que difícilmente pueden ser apagadas y encendidas en un instante de tiempo o bien las rampas de razón de cambio de generación, son lentas, por ello al comprometer cierta cantidad de producto, se les puede garantizar a vendedores y consumidores, un precio fijo por dicha transacción.

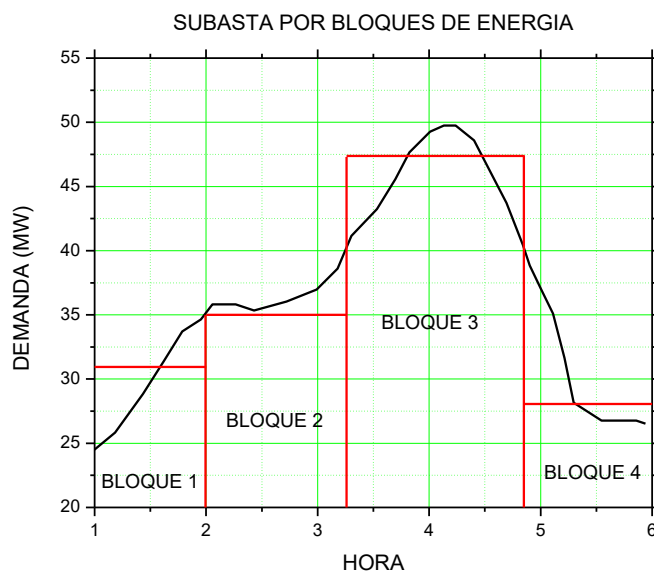


Figura. 2. 29 Subasta a corto plazo por bloque – Elaboración propia.

2.9.2 Subastas a mediano plazo.

Los precios generados a partir de los mercados a corto plazo son el núcleo de una operación competitiva, esto debido a que son aquellos los que determinan principalmente los costos por la energía; y son aquellos los que pueden indicar los desajustes de las ganancias de los generadores, los cargos de los consumidores y la relación con las restricciones de operación [73]. Sin embargo estos valores tienden a ser volátiles debido a que [74].

- El almacenamiento de la energía en grandes cantidades no es viable.
- Existen demasiadas restricciones operativas que deben ser evaluadas en todo momento.
- Debido a las propiedades de las redes de transmisión, un desbalance entre la generación y demanda puede amenazar la estabilidad de la red.
- La paridad entre la demanda y generación de dos participantes representa solo una parte del balance total de la red, y un desbalance podría interrumpir el suministro del producto entre todos los participantes.

Por lo tanto los mercados optaron por implementar un mecanismo que asegurara a los participantes un precio único por la energía, con ello se introdujeron los contratos a largo plazo, tipificados de esa manera en ese momento, debido a que eran la única práctica que conllevaba un horizonte de tiempo mayor a un día.

La práctica consiste en que a partir de un pronóstico de la demanda, los consumidores ofrezcan a través del intercambiador de energía, una cantidad y un máximo precio a pagar por el producto, mientras que los generadores presenten de acuerdo a un pronóstico de los PML, sus costos fijos y otros parámetros [75], una oferta similar. El ISO luego entonces genera los contratos entre los participantes asignando cantidades y precios entre ambas partes. Generados los compromisos, las cantidades pactadas en la herramienta, no son ofertadas en los mercados a corto plazo.

Los consumidores tendrían después de la subasta, un precio único por el costo de la energía, y solo deberían ofertar en el mercado a corto plazo las variaciones de sus pronósticos de la demanda.

Como se puede observar en la Figura. 2.30 las entidades que celebraron un contrato bilateral mantienen un precio único por el producto a pesar de las variaciones que existen en los PML a lo largo del tiempo, con ello pueden asegurar estabilidad financiera para ambas partes, exponiendo solo una parte de su generación o consumo a las variaciones de los precios del sistema.

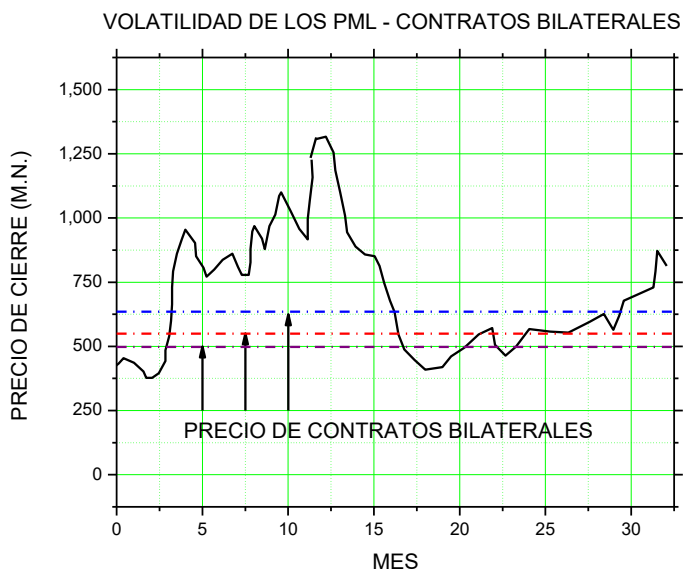


Figura. 2. 30 Volatilidad de los PML contra el precio de los contratos bilaterales –
Elaboración propia.

Por otro lado los generadores podrían evitar el riesgo de no ser considerados en el mercado, esto debido a que sus centrales se encuentran encendidas, y no deberían ofertar sus costos de arranque, o bien pueden entrar directo al mercado ofreciendo reservas operativas garantizando la confiabilidad del sistema [76].

2.9.3 Subastas a largo plazo.

Las inversiones para el sector eléctrico de un país forma una pieza clave en la incorporación de los mercados eléctricos, la mayoría de los países en América que han optado por la desregulación, ha sido debido a la falta de capital interno para poder cumplir con el suministro de la demanda energética que se encuentra en constante crecimiento, al menos para los estados unidos de américa la inversión requerida de su sector eléctrico en el año 2030 será cercana a los 1.5 a 2.0 trillones de dólares [77].

Uno de los primeros países latinos en crear las subastas de muy largo plazo, fue Brasil, el procedimiento se basa en reducir el riesgo de los nuevos inversores [78], asegurando su compra de energía por parte de los clientes cautivos, es decir que al no tener un mercado minorista los usuarios de suministro básico (esencialmente doméstico) son suministrados por recaudadores, quienes son sus representantes en dichas subastas. La subasta generaría un precio estable para los consumidores minoristas y un cliente seguro para el inversionista.

La duración para la que son diseñadas este tipo de subastas puede variar dependiendo de las necesidades de cada país, el mercado PJM de estados unidos se organizan subastas de este tipo desde el año 2002 con duración de un año, lo que ha provocado varios billones de dólares en inversión [79].

Con la incorporación de la regulación europea de fuentes de energía renovable (RES por sus siglas en inglés) en el año 2008, Colombia, Brasil y Perú incorporaron restricciones a este tipo de subastas para atraer la inversión de centrales de generación que utilicen fuentes de energía renovable. El resultado fue que las subastas de largo plazo serian la principal herramienta para promover las energías limpias en Sudamérica [80].

Por otro lado la evolución de la generación hidráulica en Europa consiguió un incremento del 21% del total de su capacidad, mientras que las centrales de generación a partir de energía limpia excluyendo la generación hidráulica logro un desarrollo con un exponencial comportamiento desde el comienzo de la desregulación de los sectores eléctricos (1997) hasta el año 2010 de un 9%, (Figura. 2.31).

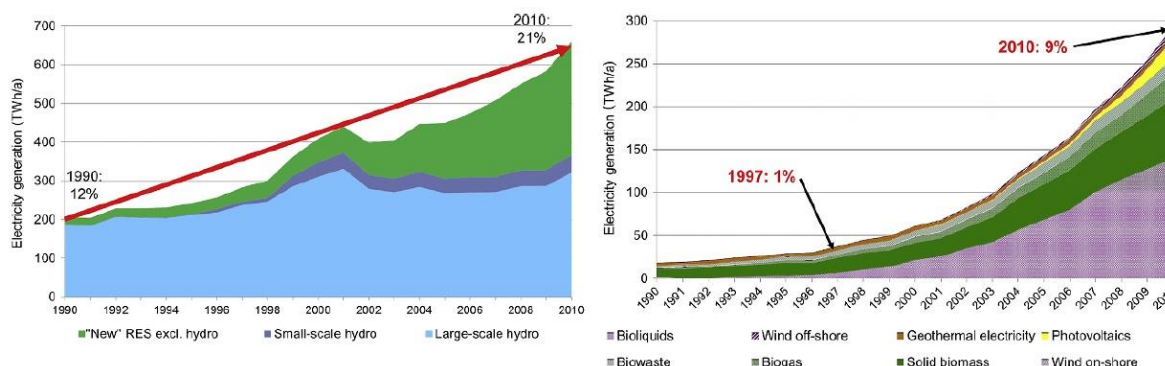


Figura. 2. 31 Evolución del desarrollo en nuevas centrales eléctricas que utilizan fuentes de energía limpia en Europa [81].

En teoría las subastas de largo plazo dependen de la necesidad de expansión y crecimiento del sector eléctrico de un país, el promover la inversión de nuevas centrales eléctricas y la repotencialización de otras, genera que el mercado sea más competitivo, debido a que las nuevas centrales tienen como premisa el generar energía a base de fuentes y procesos con mayor eficiencia, por lo que las ofertas en el mercado a corto plazo, deberían de ser menor costo y de mayor magnitud, moviendo las curvas de oferta y demanda, y con ello generando precios de cierre de menor costo.

Otro factor importante es que al generar energía conseguida a partir de procesos con mayor eficiencia, las curvas de operación de las centrales deberían de ser parecidas y con ello se eliminaría la manipulación del mercado por parte de centrales con dicha capacidad.

2.10 Componentes del mercado eléctrico mexicano.

El mercado eléctrico mexicano se basa en el fomento de dos actividades, un mercado eléctrico mayorista de corto plazo y un mercado de subastas, que en combinación deberán de cumplir con los objetivos de un SEP, (seguridad, confiabilidad, continuidad y economía) y de un mercado eléctrico (Calidad y sustentabilidad) [82] [42].

Como se muestra en la Figura. 2.32 el flujo financiero es distinto al físico, ya que la energía de los participantes del mercado del lado de venta, debe ser transmitida y distribuida a los participantes del lado de compra, cabe mencionar que los transportistas y distribuidores no se consideran participantes del mercado [83].

Además se puede observar que mientras el usuario calificado puede escoger entre comprar su energía directamente en el mercado, el usuario básico, debe comprar su energía a través de un suministrador de servicios básicos.

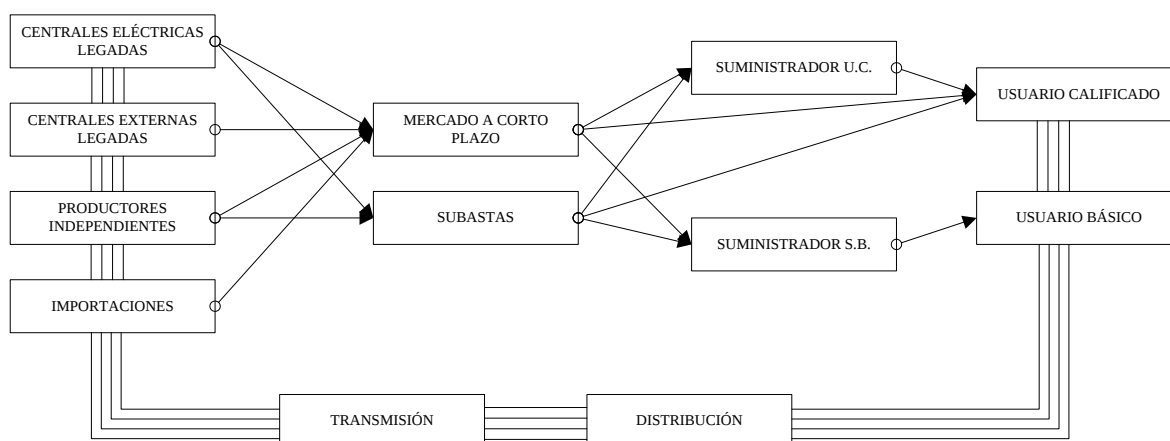


Figura. 2. 32 Nuevo modelo de la industria eléctrica mexicana - Reconstruido de [84].

Las componentes del mercado eléctrico mayorista (MEM) se dividen en distintas actividades como se muestra en la Figura. 2.33, donde se puede observar las actividades que se realizan en él, y sus tiempos de implementación.

A diferencia de la organización vertical, donde los productos asociados eran solamente las reservas operativas y la energía, en la organización horizontal, se implementan nuevos productos que fomentan el crecimiento del sector.

Es posible identificar en el esquema que en cada actividad se comercializa uno o varios productos, como la energía, los servicios conexos, la Potencia, los certificados de energía limpia (CEL) y los derechos financieros de transmisión (DFT).

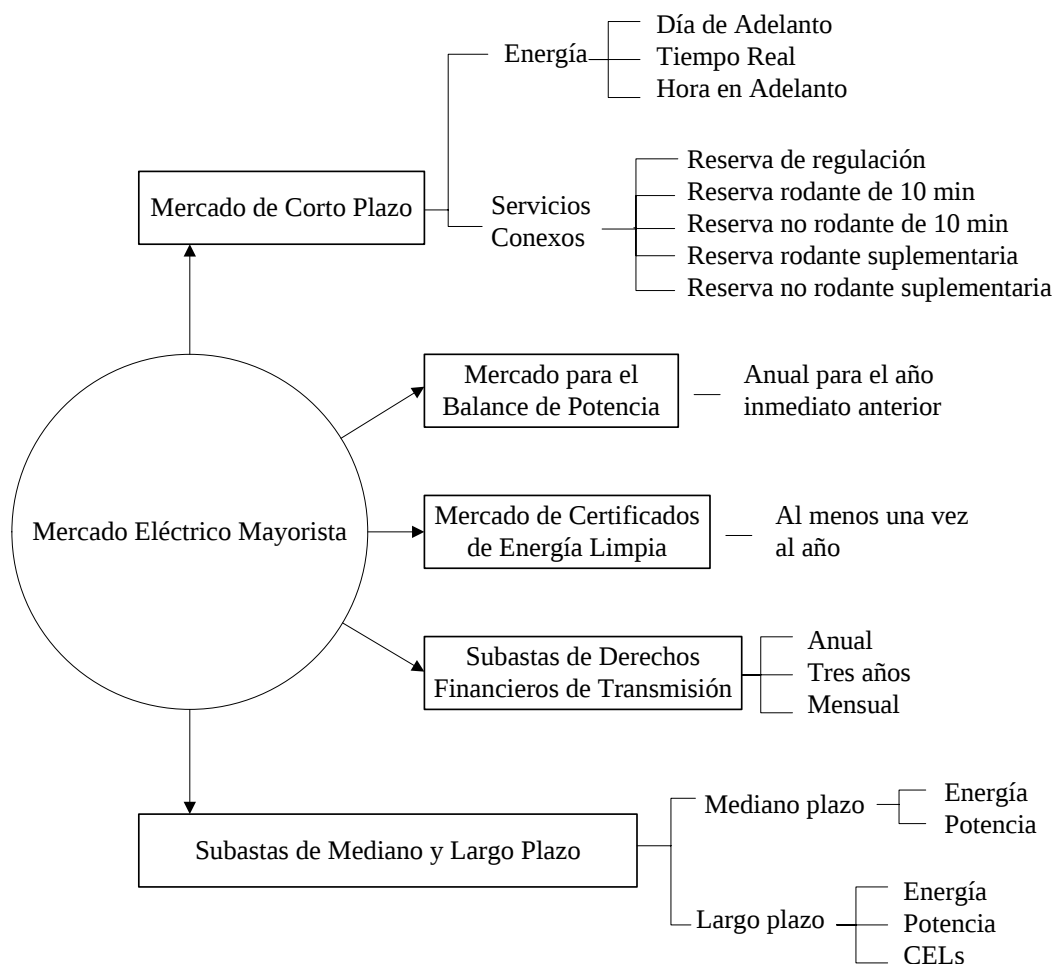


Figura. 2. 33 Componentes del mercado eléctrico mayorista mexicano - Reconstruido de [27]

2.10.1 Aspectos generales del mercado eléctrico a corto plazo.

En los sistemas eléctricos de potencia desregulados a nivel mundial el mercado eléctrico mayorista se considera la actividad más importante del mercado y consiste en la compra y venta de energía a corto plazo, sin que los vendedores y compradores tengan la certeza de donde se distribuye y de donde proviene respectivamente su energía, por lo que los contratos directamente entre los agentes no son necesarios, es decir, que los bloques de energía pactados se ven comprometidos directamente con el ISO.

El MEM se divide a su vez en dos principales actividades, el mercado de día en adelanto (MDA), y el mercado en tiempo real (MTR) como se puede observar en la Figura. 2.34, estas prácticas tienen como propósito el tener mayor precisión entre la energía comprada y la energía requerida por lo que para la segunda etapa del mercado se incluirá un mercado de hora en adelanto (MHA) [82].

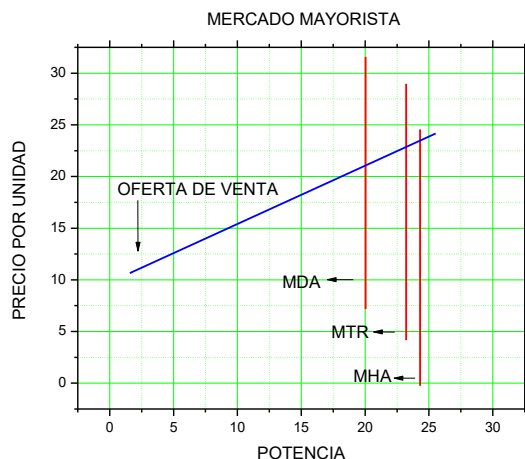


Figura. 2. 34 Horizonte de tiempo MDA, MTR, MHA – Elaboración propia.

2.10.1.1 Mercado de día en adelante.

El MDA se basa en la liquidación de un mercado convencional, donde los vendedores ofertan su energía con respecto a las variaciones del suministro de la misma, es decir que a mayor cantidad de energía generada, mayor precio por unidad de la misma, es por ello que el precio marginal de la central tiene un alto nivel de importancia.

Las curvas de costos incrementales de las centrales o “*Hate-Rate*” describen el comportamiento del costo total de producción de la energía generada, por lo que su derivada representaría el precio marginal de la central con respecto a las variaciones de su nivel de producción como se muestra en la Figura. 2.35-A.

Esta curva – pendiente, manifestaría la oferta de la central si el mercado operara en un ambiente competitivo como se muestra en la Figura. 2.35-B, por lo que las centrales más eficientes reducirían sus precios de producción y por ende serían las centrales que se considerarían primero, teniendo un impacto de precio de cierre de mercado a la baja.

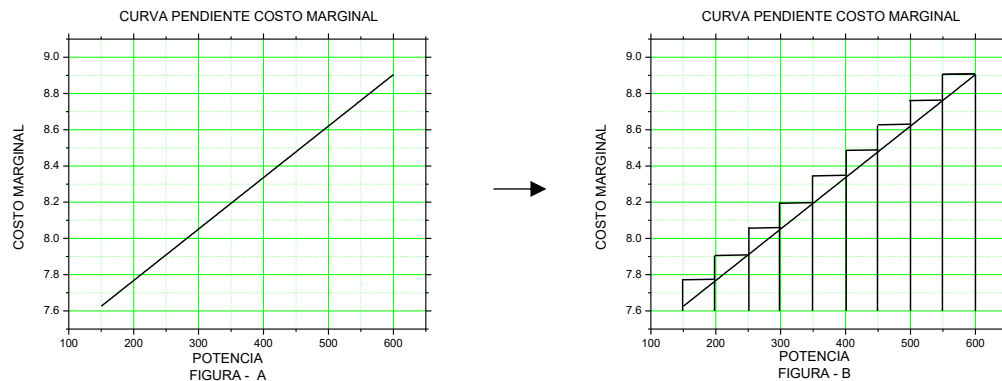


Figura. 2. 35 Modelo básico de la oferta de generación – Elaboración propia.

Con respecto a las ERC se consideran para la primera etapa de implementación del mercado, según la definición usada en los mercados convencionales, como “*tomadoras de precio*” cuyo valor a pagar por el costo de la energía sería el precio marginal local (PML) del nodo donde se encontrasen conectadas [82].

Mientras que para la segunda etapa se permitirán ofertas sensibles al precio, o bien oficialmente llamadas como Recurso de Demanda Controlable (RDC), donde su curva de oferta es similar a la curva del precio marginal de la central con la diferencia de que su pendiente se comporta como negativa, como se observa en la Figura. 2.36.

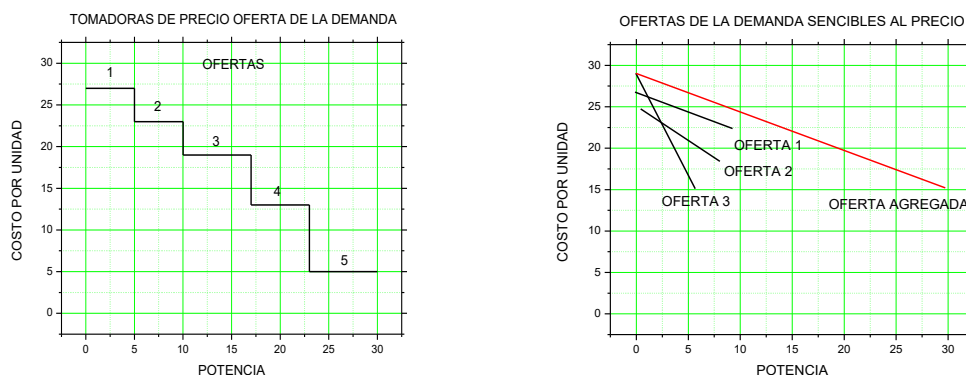


Figura. 2. 36 Modelo básico de la oferta de la demanda – Elaboración propia.

Considerando las curvas de oferta y demanda se realiza la liquidación del mercado según la metodología del mercado marginal como se observa en la Figura. 2.37.

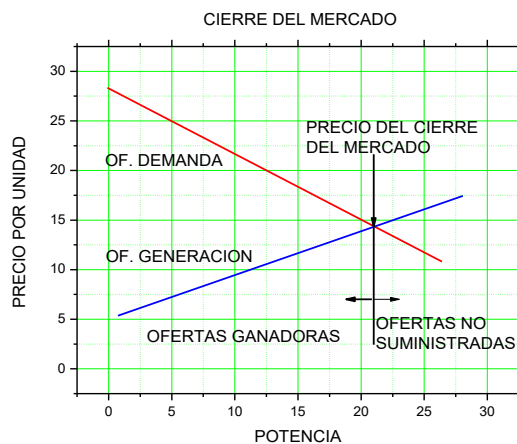


Figura. 2. 37 Representación gráfica del cierre del mercado – Elaboración propia.

2.10.2 Aspectos generales de las Subastas en México.

Las subastas del mercado eléctrico mexicano corresponden a una serie de prácticas que fomentan los contratos de cobertura eléctrica, así como a diferencia de las actividades a corto plazo, se contemplan distintos productos además de la energía, es decir, que se liquidan productos de índole obligatoria para las ERC como la potencia y los certificados de energía limpia (CEL); no obligatoria como la energía y de protección ante la volatilidad de los costos del MEM, como los derechos financieros de transmisión (DFT) tal cual se observa en la Figura. 2.38 estos nuevos conceptos de pueden encontrar definidos en el numeral 3.2.1 de esta tesis.

Las subastas se dividen en dos ramas, las subastas de mediano plazo (SMP), y las subastas de largo plazo (SLP) cuyas diferencias primordiales radican en el tiempo de operación de la misma, y la necesidad del refuerzo de la red para las SLP.

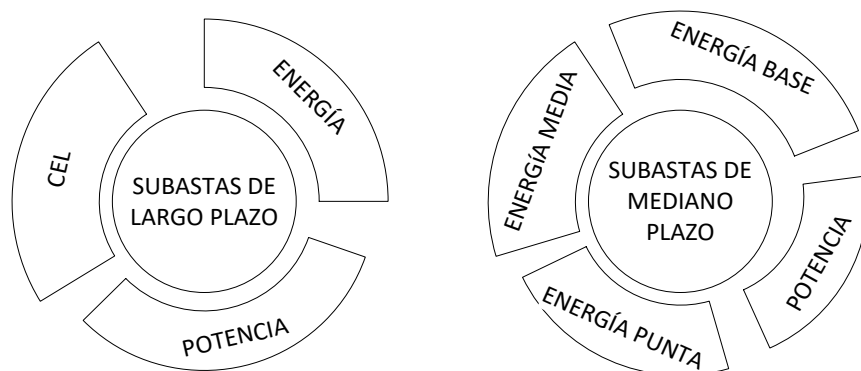


Figura. 2. 38 Productos asociados en las subastas del mercado eléctrico – Elaboración propia.

2.10.2.1 Subastas de mediano plazo.

Las subastas de mediano plazo (SMP) tienen como objetivo el afirmar una posición segura para generadores y entidades responsables de carga acerca del intercambio de energía y/o potencia. Con lo que a partir de los contratos de cobertura eléctrica celebrados por este tipo de subastas, se genera una protección ante la volatilidad del mercado eléctrico mayorista, es decir que los participantes del mercado solo ofertarán excedentes de la energía que requieran extraer o inyectar a la red.

Como se dijo anteriormente las SMP son creadas para generar contratos de cobertura eléctrica cuyo producto ofertado sea únicamente la energía y/o potencia [42], con lo que se determinan de esta manera los horarios, magnitudes y condiciones a las cuales se debe de satisfacer el contrato.

Al ser una SMP no es necesario la repotencialización de la planta o la contemplación de refuerzos a la red como ocurre en las SLP, por lo que el CENACE tiene como misión, asegurar la cobertura, a menos que algún contrato de cobertura eléctrica derivado de la subasta afecte la confiabilidad o la seguridad del sistema.

2.10.2.2 Subastas de largo plazo.

Las subastas de largo plazo (SLP) tienen mayor complejidad que las subastas de mediano plazo, debido a la cantidad de parámetros a considerar, el principal objetivo de la creación de este tipo de subastas es el fomento de la inversión para la generación de nuevas centrales, asegurando la cobertura de los costos fijos de estos generadores, promoviendo la compra de distintos productos [42].

Como actividad de fomento a la obtención de la energía a partir de fuentes de energía limpia, se presentan los CEL, cuyo valor según la Ley de la industria eléctrica [1] se determina como un Megawatt (MW) producido a partir de una fuente de energía limpia, es decir que los parques eólicos, fotovoltaicos, termo solares y geotérmicas, pueden vender la totalidad de su energía generada como CELs, y por otro lado las centrales que utilizan combustibles fósiles para funcionar, pero que utilicen la cogeneración, podrán vender el porcentaje de la energía generada a partir de este tipo de subasta como CELs.

La nueva restructuración de la operación del sistema eléctrico nacional, indica que las ERC adquieren la responsabilidad de asegurar que el 5% (con un incremento en la segunda etapa de la restructuración) de su energía consumida provenga de energías limpias [85], por lo que sus ofertas en las SLP son casi obligatorias para cubrir con los requerimientos fijados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE)”.

El costo por los CEL son ofertados a los precios fijados por los generadores de los mismos, por lo que el mercado de SLP tiene como configuración un mercado con esquema de liquidación discriminatoria, donde los paquetes ofertados pueden partirse para suministrar los productos a distintas ERC [40].

2.10.3 Otras prácticas realizadas en el mercado eléctrico mexicano.

Los mercados eléctricos a lo largo del mundo han presentado volatilidades e equivalencias en la liquidación de sus productos por lo que se han generado distintas prácticas para controlar ciertos aspectos que afectan a los participantes del mercado y al ente regulador del mismo [86].

El mercado eléctrico mexicano ha implementado dos herramientas para combatir las deficiencias antes mencionadas por lo que el surgimiento de ambas se describe a continuación.

2.10.3.1 Subastas de derechos financieros de transmisión.

Los derechos financieros de transmisión son una protección que se tiene ante la volatilidad del mercado eléctrico mayorista, donde los compradores adquieren la responsabilidad de pagar o cobrar las diferencias de los PML de una transacción bilateral con respecto al valor de la energía en el contrato de cobertura eléctrica.

En el sistema eléctrico nacional los precios marginales locales, dependen de la ubicación topológica de la red, es decir que a mayor cercanía de las centrales eléctricas los PML de dichos nodos tienden a ser parecidos a los de los generadores, y por el contrario tienden a incrementarse cuando se encuentran lejanos a las áreas de generación.

Dichas diferencias provocan desbalances entre los precios de los nodos que celebran una transacción bilateral, por lo que el precio del contrato de cobertura eléctrica no se mantiene fijo, y oscila mayormente cuando existe congestión [87].

La protección a tales efectos se centra en los DFT donde los participantes del contrato se benefician del mercado cuando este mismo provoca diferencias considerables en los PML.

Los DFT además de beneficiar a los participantes del contrato, generan ingresos al MEM debido a que el CENACE se ve obligado a repartir la ganancia de los DFT entre todas las ERC esto debido a que en horas de demanda máxima o en situaciones de congestión y/o contingencia el precio de la energía consumida tiende a ser mayor que la generada, creando un desbalance entre ambas.

La venta de los DFT se llevan a cabo en SMP y SLP dándole prioridad a los contratos legados, de esta manera solo se ofertaran los excedente de los mismos a particulares [88].

2.10.3.2 Mercado de balance de potencia.

El mercado de balance de potencia tiene como prioridad el mantener el equilibrio entre la generación y la demanda, la herramienta se lleva a cabo a fin de cada año una vez que los procesos de liquidación de la energía hayan sido terminados y se tenga el registro de mediciones de los nodos de facturación, para que de esta manera la CRE calcule la responsabilidad de la potencia adquirida por cada miembro del mercado [89].

La implementación de esta práctica fomenta la planificación de las reservas, por lo que la infraestructura del mercado tiende a crecer y se provoca la transparencia de las operaciones del mercado.

2.11 Monitoreo de los mercados eléctricos.

Una práctica que ayuda a entender la relación entre el flujo económico y los distintos escenarios que pueden llegar a suceder en los SEP es el monitoreo del mercado.

El concepto universal para cualquier tipo de mercado es definido como:

La acción de observar y comprobar el progreso y/o calidad (de un producto) durante un periodo de tiempo, a través de una revisión sistemática. En otras palabras, implica supervisar las actividades en curso para asegurar que estén dentro de los plazos establecidos y alcancen los objetivos y las metas de desempeño [90].

El concepto para los mercados eléctricos no es muy distinto, debido a que, en esencia es lo que realizan los monitores de los mercados, estos pueden o no ser independientes a los operadores de los sistemas pero no de las unidades de vigilancia.

En [91] enfatiza que el monitoreo implica la recopilación de datos, la realización de sus estadísticas y el procesamiento de la información para que, después de analizarla y reportarla, pueda brindar apoyo a la unidad de vigilancia en su toma de decisiones para garantizar la eficiencia, competitividad y transparencia.

Los monitores deben asegurarse que existan las características antes mencionadas a través de la operación de los mercados eléctricos, para ello las principales prácticas en identificar y evaluar son [92]:

- La existencia del poder de mercado.
- Los abusos por parte de los poderes de mercado.
- Manipulaciones del mercado.
- El correcto entorno del mercado (reglas y procedimientos)
- La correcta operación del ISO.
- El cambio del diseño del mercado.

La acción que puede influir en mayor proporción a los mercados para operar en altos estándares es la competencia, debido a que la disputa entre participantes para poder ser contemplados en los cierres del mercado, desencadena la inversión e innovación de tecnologías con mayor eficiencia.

El concepto de competencia es similar en distintas definiciones, Marshall [2] indica que “El sentido estricto de la competencia parece ser la carrera de una persona contra otra, con especial referencia de realizar una oferta para la compra o venta de cualquier cosa”, en el ámbito de los mercados, se refiere a que exista un número basto de competidores, que se encuentren interesados en la comercialización de uno o varios productos, sin tener influencia que pueda manipular el precio del bien.

Bajo la premisa antes planteada los monitores promueven las prácticas que fomenten la competencia, y mitigan aquellas que la obstaculizan.

2.11.1 Poder de mercado.

El poder de mercado es una condición que es reconocida en todos los mercados, sean o no eléctricos, y es aquella, la que requiere mayor atención por parte de los monitores.

La definición económica con mayor presencia surge en [93] donde conceptualiza el termino como: “La habilidad para alterar precios rentables lejos de los niveles competitivos”. Sin embargo la definición que acierta a las características de un mercado eléctrico es propuesta por Stoft [94], donde es definido como “La capacidad de afectar el precio del mercado incluso en una pequeña porción, o incluso por unos minutos”.

Tal definición promueve la competencia plena, donde ningún participante puede llegar a tomar ventaja en comparación a otro, básicamente esta condición de mercado puede llegar a suceder por dos fenómenos [95].

- La condiciones de la red: puesto que al estar mayormente restringida la asignación de unidades así como el despacho económico, por los estados de la red, existen situaciones donde una central puede adquirir el poder de mercado debido a que es una parte esencial de la generación ya que, a pesar de que existan centrales de menor costo, su energía no puede ser suministrada a distintos puntos de la red, ocasionando la puesta en marcha de centrales que bien pueden ofertar como deseen ya que se consideran “esenciales”.
- La capacidad de generación: Las centrales eléctricas usualmente no son participantes directos del mercado, ya que comúnmente pertenecen a “firmas” es decir que son propiedad de una empresa, por lo que esta entidad puede representar una fuerte capacidad de generación, que en determinados montos de la demanda, algunas centrales de la firma, pueden ser consideradas “esenciales” adquiriendo el poder de mercado ya que el operador no puede liquidarlo sin su participación.

Los poderes de mercado pueden ejercer su capacidad de dos principales maneras [96] como se indica a continuación:

- Retención económica.

Este tipo de retención se basa en ofertar muy por encima de los costos de producción.

Como se puede observar en la Figura. 2.39 (a) el mercado es competitivo, las ofertas son consecutivas y los precios de las mismas no son distantes entre ellos.

Sin embargo cuando se ejerce la retención económica (Figura. 2.39 “b”) se presenta una oferta cuyo precio es muy por encima de los costos de producción, este fenómeno no afecta al mercado si el participante que la realiza no tiene poder de mercado, sin embargo se puede apreciar en este caso, que el operador no puede liquidar el mercado sin considerar esta oferta, por lo que esta se considera “esencial”.

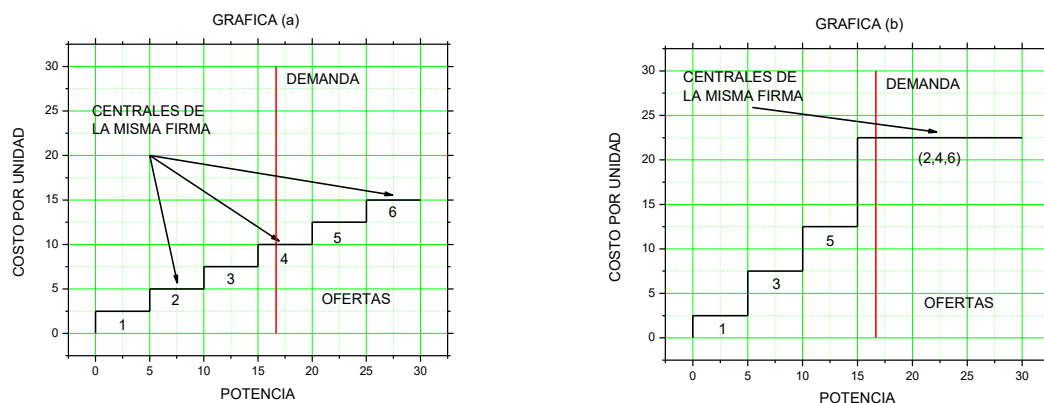


Figura. 2. 39 Retención económica – Elaboración propia.

- Retención física

Se refiere a la oferta de una firma, sin la declaración de su capacidad real disponible, o bien la declaración de una falsa salida de operación de una o varias centrales, reduciendo la capacidad de generación total [97]. Como se puede observar en la Figura. 2.40 el mercado antes de la retención (Figura. 2.40 “a”) se comporta competitivo y el precio de cierre se encuentra en 10 unidades, sin embargo cuando se presenta la retención física (Figura. 2.40 “b”) el precio de cierre cambia a 12.5 unidades, logrando una manipulación.

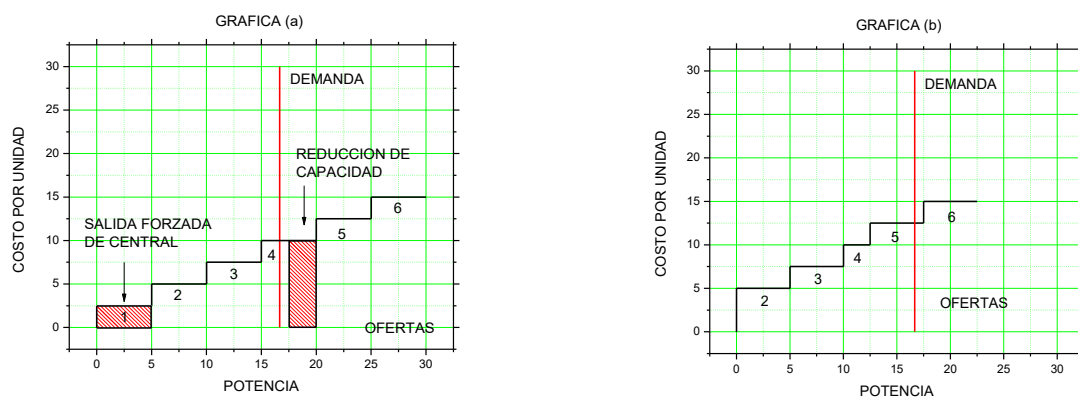


Figura. 2. 40 Retención física – Elaboración propia.

Ambas acciones llevan los precios de cierre por encima de niveles competitivos, por lo que los monitores clasifican aquellas prácticas como anticompetitivas y usualmente son acreedoras a multas. Cabe mencionar que ambas acciones solo influyen en los precios si tienen poder de mercado, en caso contrario, no lo afectan y no son tomadas en consideración.

2.11.2 Análisis competitivo.

Los análisis competitivos o bien análisis de la competitividad, es una herramienta en economía [98] que identifica las fortalezas y debilidades de una empresa, sin embargo en los mercados eléctricos, estos estudios muestran las condiciones en las que opera el sistema.

Antes de definir los conceptos que involucran el análisis competitivo en los mercados eléctricos, se debe puntualizar los factores que influyen en los precios, tal como se muestra en la Figura. 2.41, donde se definen cuatro principales factores.

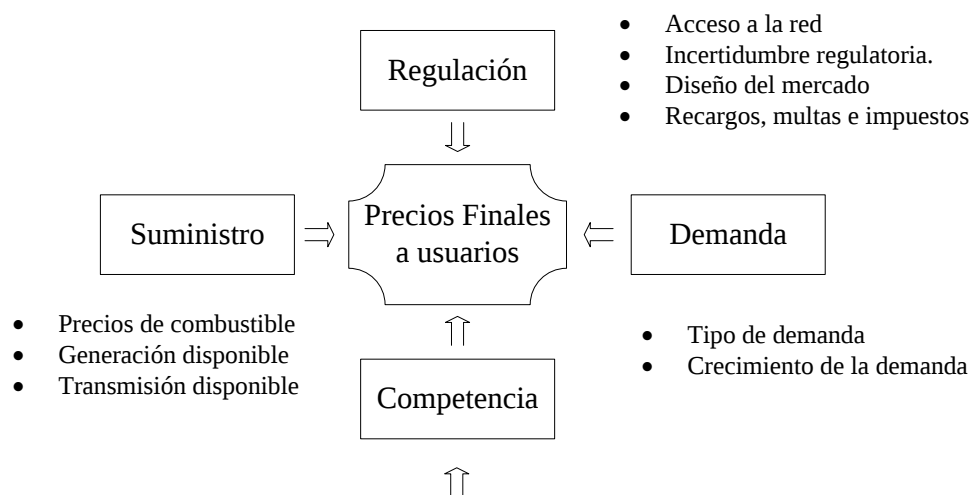


Figura. 2. 41 Factores fundamentales que influyen en los precios - Reconstruido de [99]

Tal como se observa en el diagrama la competitividad no es el único factor que influye en el precio, sin embargo cuando existe un balance entre los cuatro factores el mercado tiende a ser atractivo para generar inversiones a través de él. Y bien el monitoreo puede proponer adecuaciones para que la regulación sea tan estricta como el comportamiento lo requiera.

La experiencia de distintas unidades monitoras de los mercados eléctricos han revelado distintas técnicas que proveen información procesada acerca de cómo se comporta el

mercado, si bien la interacción de los participantes no es directa y es a través del operador del sistema, este tiene la información necesaria para poder realizar distintos estudios.

Las técnicas se dividen con respecto al estado anterior del intercambio de energía o bien al estado posterior, esto debido a que ambos tipos de estudio proveen información relevante que ayuda a detectar distintos factores, por ejemplo, un estudio anterior, podría revelar un poder de mercado existente por capacidad, y un estudio posterior podría revelar un poder de mercado adquirido por las condiciones de la red.

Una segunda tipificación es por el espectro de tiempo en el que se realiza, es decir que puede ser un estudio a largo plazo o bien a corto plazo como se observa en la Tabla 2.4.

Tabla 2. 4 Categorías de las técnicas de detección del poder de mercado [3].

	Análisis antes del intercambio de energía	Análisis después del intercambio de energía
Análisis a largo plazo	• Índice de suministro residual. • Índice de Herfindahl. • Simulación de modelos.	• Análisis de puntos de referencia (Benchmark) • Comparación de las ofertas del mercado con la maximización de las ganancias.
Análisis a corto plazo	• Comparación de ofertas con referencias. • Indicadores de congestión. • Índice de suministrador esencial.	• Índice de demanda residual. • Análisis de interrupciones forzadas y auditorias.

Cada una de las técnicas antes mostradas, requiere de información que el operador del sistema posee, como los estudios del impacto del cambio climático al diferencial de la demanda o a los embalses de agua, así como la disponibilidad de combustible y los parámetros de la red.

Con las innovaciones tecnológicas, los países han desarrollado programas de adquisición masiva de información como las “bodegas de datos (Data warehouse)” que mitigan la dependencia del monitor con la del operador, hasta el punto de tener reguladores del mercado automáticos [100].

2.11.2.1 Detección del poder de mercado antes del intercambio de energía.

Un indicador que sirve para detectar a los generadores/firmas “esenciales” antes del intercambio de energía es el índice de suministrador residual, este indicador es evaluado para la capacidad de cada uno de los generadores.

La fórmula general para calcular el índice se basa en la ecuación 2.1 [101]:

$$RSI_i = \frac{(\sum_{i \in J} C_j) - C_i}{\text{Demanda total}} \quad (2.1)$$

Donde

- RSI_i Representa Índice de suministrador residual para el generador i
- i Representa al generador/firma evaluado
- $(\sum_{i \in J} C_j)$ Representa el total de la capacidad incluyendo exportaciones
- C_i Representa la capacidad del participante evaluado

Como se puede observar en la Figura. 2.42 existe una referencia del valor en el que deberían de encontrarse cada participante, sin embargo el hecho de que adquieran un valor por debajo de la unidad, no necesariamente indica que se encuentren en posibilidad de ejercer el poder de mercado, ya que existe la limitante del tiempo.

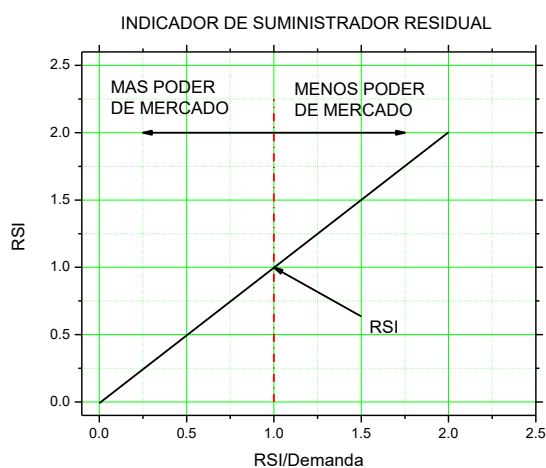


Figura. 2. 42 Índice de suministrador residual [102]

Como se puede observar en la Figura. 2.43, en el estudio llevado a cabo del año 2004 al 2005, para el mercado PJM de Estados Unidos, el índice de suministrador residual, puede alcanzar

la magnitud de “1.8 y descender a una magnitud por debajo de la unidad (por un valor muy pequeño), lo que indica un mercado que opera de forma competitiva

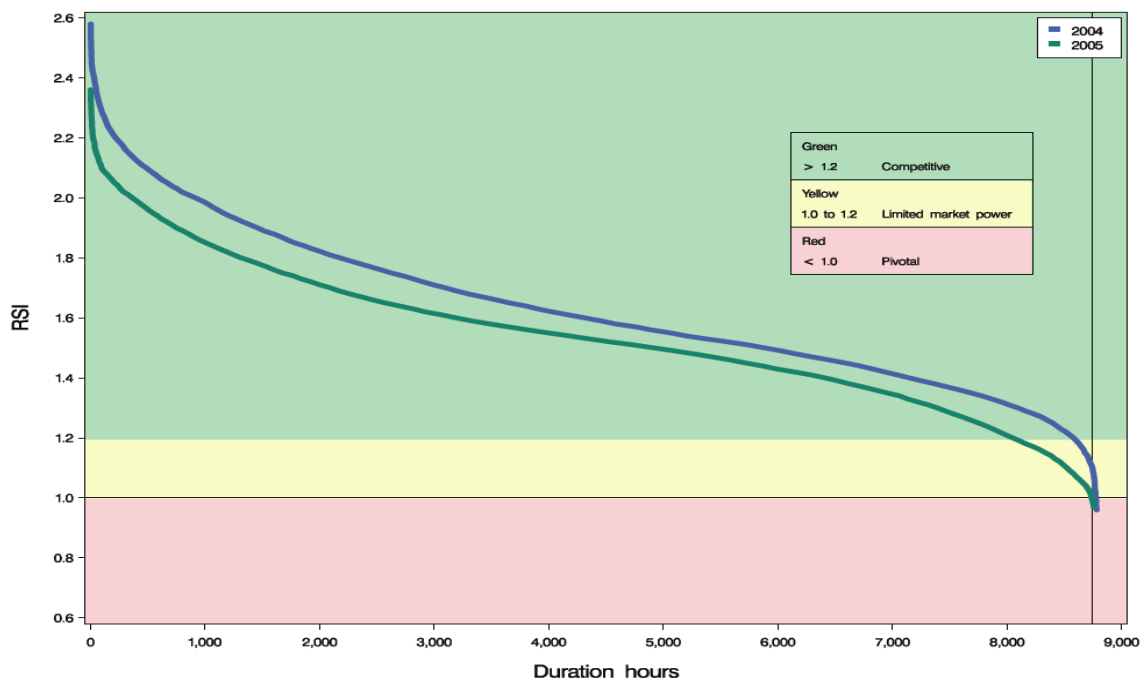


Figura. 2. 43 PJM - curva de la duración del RSI en los años 2004 y 2005 [103]

Este índice no solo sirve para evaluar la competitividad del mercado si no de igual manera puede tener aplicaciones como:

- Una pantalla simple para la competitividad del mercado (Figura. 2.43)
- Para el análisis de las tasas individuales de los poderes de mercado.
- Para evaluar la nueva inversión en transmisión y comparar el impacto con y sin el mejoramiento de la red.
- Para evaluar la capacidad de reserva requerida y promover que el mercado sea competitivo, realizando simulaciones con distintos requerimientos de reserva.

Cabe mencionar que este estudio puede ser evaluado de manera regional o bien para la totalidad del sistema, dependiendo de cómo se encuentre diseñado el algoritmo del mercado.

2.11.2.2 Detección del poder de mercado después del intercambio de energía.

Un indicador que sirve para detectar a los generadores/firmas “esenciales” después del intercambio de energía es el índice de demanda residual, este indicador puede ser evaluado para cualquier generador sin embargo, el método empírico revela que solo puede ser encontrado el poder de mercado para una sola firma/generador [104].

La fórmula general para calcular la curva del índice para cualquier firma se basa en la ecuación 2.2 [105]:

$$D_i(p) = D(p) - \sum_{k \neq i} S_k(p) \quad (2.2)$$

Donde

- $D_i(p)$ Representa la curva de la demanda residual para el generador i
- i Representa al generador/firma evaluado
- $D(p)$ Representa el total de la curva de la demanda
- $S_k(p)$ Representa la generación del competidor k
- k Representa el número del generador.

Esta fórmula de la curva de la demanda residual es usualmente utilizada para generar ofertas dependiendo de la estrategia y coaliciones de los participantes del mercado [18], es por esto que la formula general que reconoce solo un poder de mercado está dada por la ecuación 2.3:

$$RDI = \left\{ \frac{[Demanda\ total - \sum_{k \neq i} S_k(p)]}{Demanda\ total} \right\} * 100 \quad (2.3)$$

Donde

- RDI Representa el índice de demanda residual
- i Representa al último generador,
- $S_k(p)$ Representa la generación del competidor k
- k Representa el número del generador.

Esta segunda adecuación mide el porcentaje de la carga que podría no ser satisfecha sin los recursos del último generador, el proceso empírico [104], indica que si el índice es mayor a cero, el último generador es considerado “esencial”.

Debido a la ecuación 2.2 se puede definir que la demanda residual depende de igual manera de la potencia, es por esto que el grafico de la Figura. 2.44 indica la demanda residual, contra la carga en tiempo real; al poco tiempo de la apertura del mercado texano se puede observar que la mayor concentración de los índices se encuentra en el $\pm 10\%$, deduciendo que el mercado es poco competitivo.

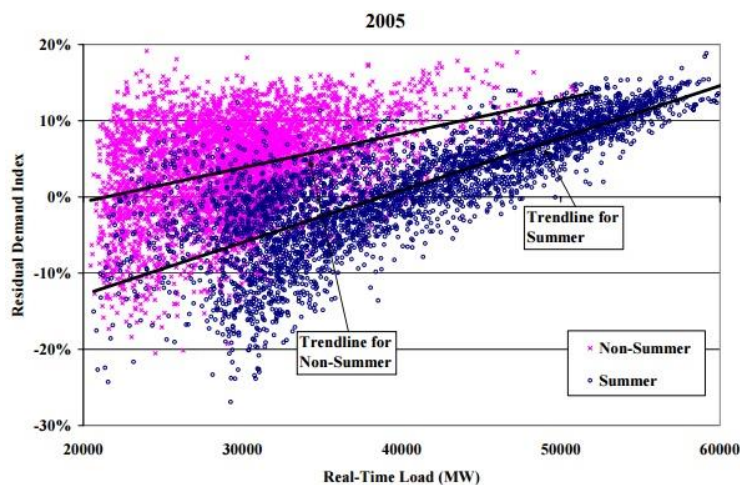


Figura. 2. 44 RDI - ERCOT 2005 recuperado de [106]

Por otro lado el mismo estudio realizado en el año 2015 mostrado en la Figura. 2.45 indica una dispersión de los índices del 10% hasta el -35% mostrando una mejora en la competitividad del mercado, esto debido a la buena regulación y monitoreo del mismo.

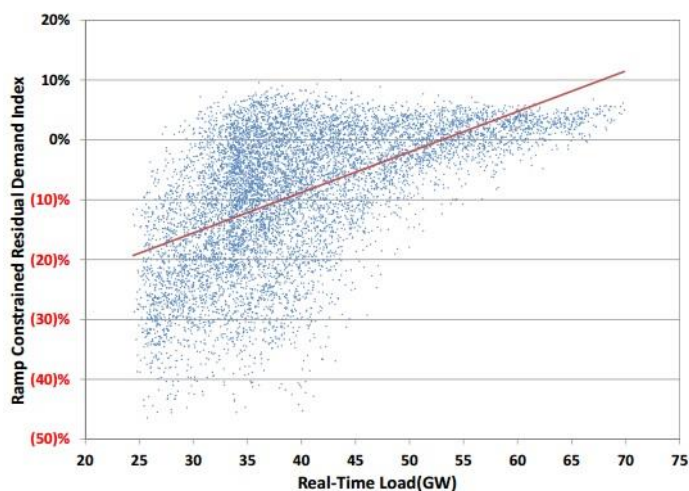


Figura. 2. 45 RDI - ERCOT 2015 recuperado de [106]

2.11.2.3 Simulación de modelos.

La simulación de modelos así como el análisis de puntos de referencia son similares, el primero trata de recrear los estados por lo que se encontró el sistema económico o físico en determinado momento, para evaluar las posibles condiciones que puedan surgir, o bien para mitigar los precios resultantes de una práctica anticompetitiva. Por otro lado el segundo mejor conocido como Benchmarking, realiza un estudio comparativo del mercado con otro punto de referencia para estudiar las innovaciones, los servicios, los costos, las estrategias así como las exigencias a las que se encuentra sujeto.

Los puntos de referencia son aquellos mercados que han podido sobresalir y se han enfrentado a distintas situaciones, teniendo que realizar procedimientos que las resuelvan, consiguiendo este título.

En este trabajo se ha podido identificar que la mayoría de los estudios de este rubro, hacen referencia al mercado de California y al mercado del Reino Unido, esto debido a que su experiencia, así como sus publicaciones han servido para las mejoras de los diseños de los demás países.

En cuanto a la simulación de modelos, estos se pueden descomponer en cuatro principales áreas como se muestra en la Figura. 2.46.

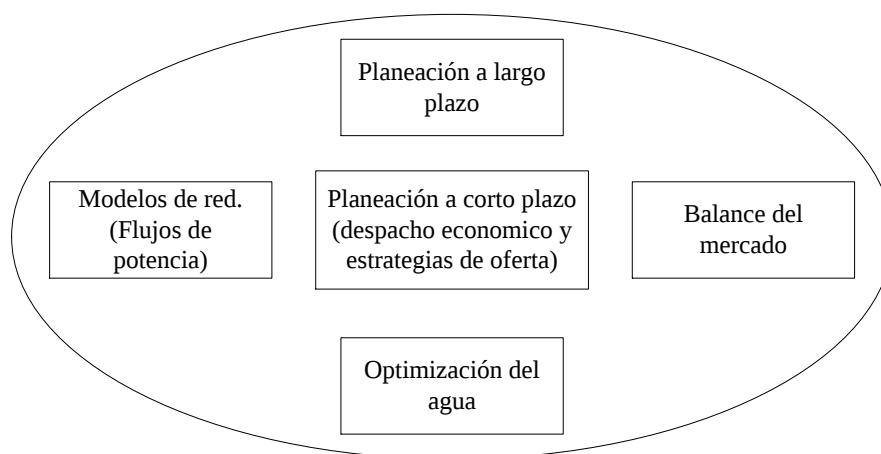


Figura. 2. 46 Simulación de los modelos del mercado reconstruido de [99]

Este trabajo se enfoca en recrear las prácticas mayormente reconocidas como anticompetitivas por distintos monitores y unidades de vigilancia [107], ilustrando la relación que existe entre los modelos económicos y el modelo físico de la red.

CAPÍTULO 3 MODELOS MATEMÁTICOS.

“Successful people are 100% convinced that they are masters of their own destiny, they’re not creatures of circumstance, they create circumstance, if the circumstances around them reek they change them” – Jordan Belfort

3.1 Introducción.

Como se había mencionado con anterioridad, el mercado eléctrico Mexicano cuenta con dos actividades, el mercado eléctrico mayorista y las subastas, que a su vez cada una de ellas se subdivide en distintas herramientas, para llevar acabo el estudio se contempla el mercado de día en adelante, las SLP y las SMP.

La actividad más importante se lleva acabo para la generación y suministro de energía en corto plazo y conlleva la implementación de cinco herramientas principales como se observa en la Figura. 3.1.

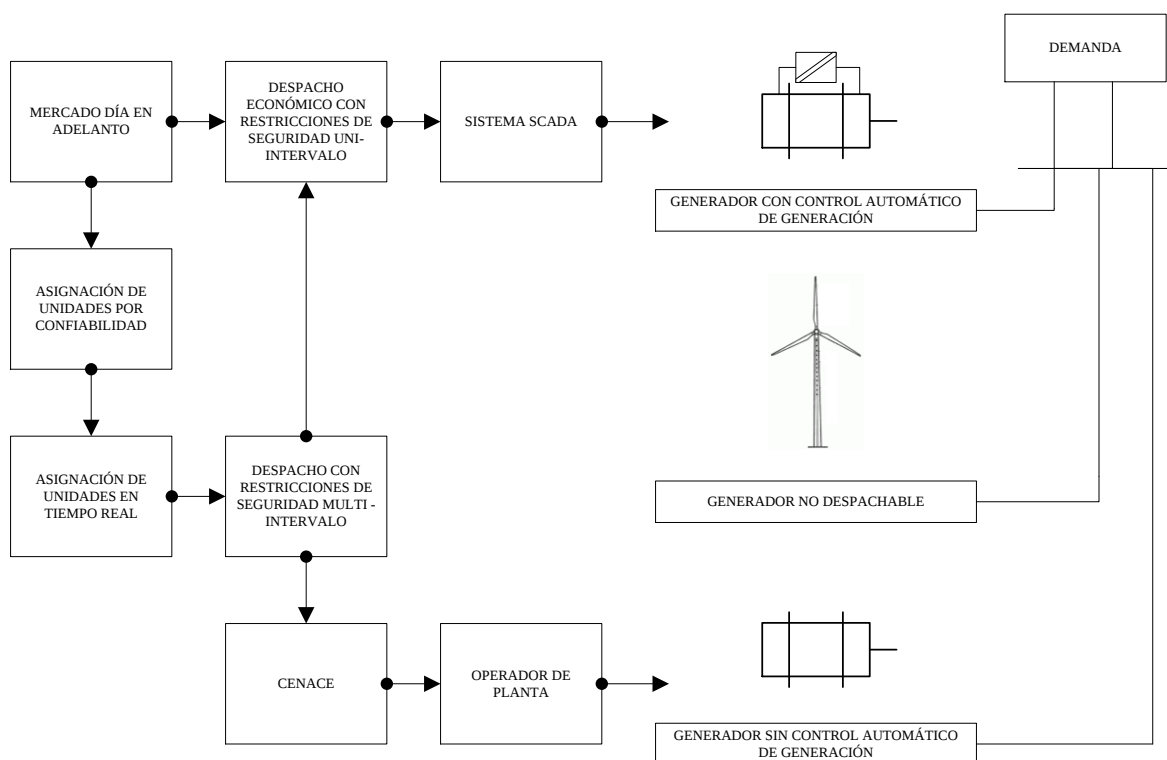


Figura. 3. 1 Operación del mercado eléctrico mexicano – Realizado con base a [19].

El estudio del presente documento se sitúa en el primer bloque, es decir el MDA, como se puede observar en la figura antes mostrada, a partir de esta actividad se opera el sector eléctrico, teniendo un flujo de la siguiente manera.

1. Se realiza el MDA y se obtienen los PML.
2. A partir de los requerimientos de reserva se realiza la asignación de unidades por confiabilidad obteniendo los precios de cada una de las reservas.
3. Con un ajuste del pronóstico de la demanda se realiza la asignación de unidades en tiempo real.
4. Se realiza un despacho económico multi-intervalo con una cadencia menor al despacho uni-intervalo, esto debido a que el ajuste de la potencia generada es proporcionado al operador de la planta y este mismo ajusta la generación.
5. Se realiza un despacho económico uni – intervalo con una cadencia mayor al multi – intervalo esto debido a que por medio del sistema SCADA y el control automático de generación (CAG) se realiza el ajuste automático de la potencia generada de la unidad.
6. Los generadores no despachables son conectados a la red en automático a menos que el ISO requiera su desconexión por motivos de confiabilidad y seguridad.

Adicionalmente a las herramientas anteriormente mencionadas, se lleva a cabo la asignación de unidades de central eléctrica de horizonte extendido en el que el ISO debe notificar las instrucciones de arranque o paro a las centrales que requieren ser notificadas antes del inicio del MDA [108].

3.2 Mercado eléctrico mayorista.

El mercado eléctrico mayorista involucra el MDA, MTR y MHR, en un mismo procedimiento por lo que cada uno de ellos genera Precios Marginales Locales (PML), los cuales son los precios indicativos para la compra y venta de la energía según su conexión geográfica con respecto a las propiedades del sistema. El tiempo en el que se sitúa el estudio se encuentra en el proceso del MDA es decir 24 horas antes del intercambio de energía.

3.2.1 Asignación de Unidades.

El problema de asignación de unidades se puede resumir en la pregunta “Dado que existen un numero de subconjuntos, del conjunto de N unidades generadoras que satisfarían la demanda pronosticada, ¿Cuál de estos subconjuntos deberían utilizarse para proveer el mínimo costo de operación?” [109].

El problema de optimización antes planteado involucra distintas variables de distinto índole (entero mixto), siendo este un problema complejo, y a su vez se torna tan difícil como el número de aspectos o restricciones a considerar, así que el modelo propuesto contempla los siguientes conceptos:

- I. Demanda pronosticada.
- II. Ofertas en escalones.
- III. Tiempos mínimos de operación y paro.
- IV. Mínimas reservas por zonas.

Partiendo de lo dicho anteriormente la metodología propuesta en esta tesis se explica en la Figura. 3.2, donde se puede observar en el diagrama de flujo, que el proceso de optimización es un bloque, es decir que no es resuelto íntegramente por un problema de optimización como es propuesto en otras metodologías [109].

Es decir que las entradas al proceso de optimización han sido filtradas para obtener soluciones factibles.

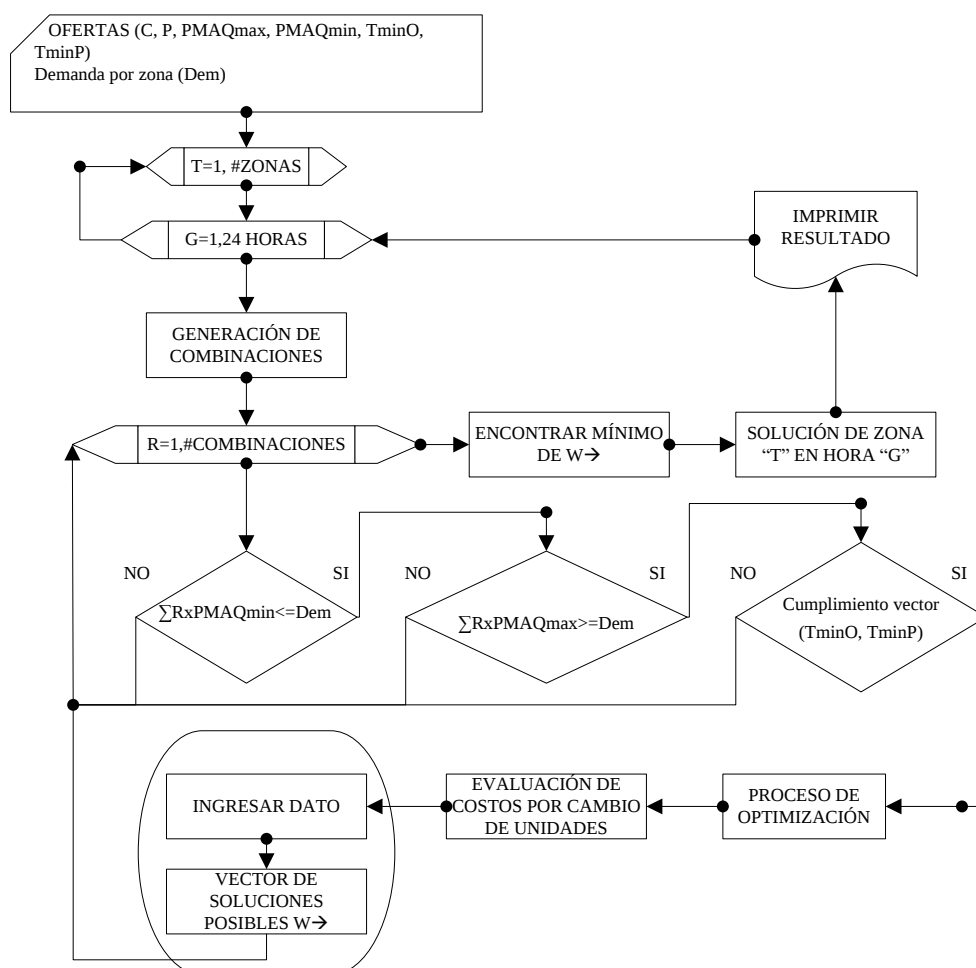


Figura. 3. 2 Diagrama de flujo para la solución al problema de asignación de unidades –
Elaboración propia.

Como se puede observar en el diagrama de flujo, la metodología utiliza íntegramente la oferta del generador, en lugar de utilizar la curva de costo incremental, de manera que el problema se vuelve lineal, facilitando el proceso de optimización.

El proceso genera todas las combinaciones para cada una de las máquinas en cada una de las zonas del sistema eléctrico de potencia, por lo que no todas las entradas generan soluciones factibles, de manera que el proceso de selección filtra las entradas de la siguiente manera:

La sumatoria de la potencia mínima de las máquinas que pertenecen a la zona k , deben ser menor o igual a la demanda de la zona.

$$\sum_{j \in J \in K} R_j \cdot PMAQ_{min_j} \leq Dem_k \quad \forall k \quad (3.1)$$

Dónde

- $PMAQ_{min_j}$ Representa la potencia mínima de la máquina “ j ”
- Dem_k Representa la demanda de la zona “ k ”
- J Número de máquinas
- R_{ij} Variable binaria (0,1) que representa el estado operativo de la máquina.

La sumatoria de la potencia máxima de las máquinas que pertenecen a la zona k , deben ser mayor o igual a la demanda.

$$\sum_{j \in J \in K} R_j \cdot PMAQ_{max_j} \geq Dem_k \quad \forall k \quad (3.2)$$

Dónde

- $PMAQ_{max_j}$ Representa la potencia máxima de la máquina “ j ”

Después se evalúa los tiempos mínimos de operación y paro para cada central por medio de visualización de vectores.

Se realiza el proceso de optimización para esta combinación y se evalúa el costo por arranque de centrales, ingresando la solución a un vector de soluciones factibles.

Por medio del ordenamiento del vector se obtiene el mínimo del mismo, terminando el proceso.

De igual manera las soluciones son evaluadas para obtener la solución óptima.

El modelo de optimización del problema de asignación de unidades es descrito a continuación:

La función objetivo (ecuación 3.3) se basa en minimizar los costos de producción de acuerdo a la combinación ingresada en ese instante:

$$\text{Min } R_1[C_{11}P_{11} + \dots + C_{i1}P_{i1}] + \dots + R_j[C_{1j}P_{1j} + \dots + C_{ij}P_{ij}] \quad (3.3)$$

Dónde

- P_{ij} Representa la potencia del escalón “i” de la máquina “j”
- C_{ij} Representa el costo por unidad, del escalón “i” de la máquina “j”
- i Número de escalones
- j Número de máquinas
- R_{ij} Variable binaria (0,1) que representa el estado operativo de la máquina.

Sujeta a las siguientes restricciones:

$$\underline{P}_{ij} < P_{ij} < \overline{P}_{ij} \quad (3.4)$$

Dónde

- $\overline{P}_{ij}$ Representa el límite superior de la potencia del escalón “i” de la máquina “j”
- $\underline{P}_{ij}$ Representa el límite inferior de la potencia del escalón “i” de la máquina “j”

Teóricamente los límites inferiores de la potencia de todos los escalones debería ser cero, sin embargo la potencia mínima como la potencia máxima de la máquina debe ser respetada

$$\sum_{i \in I} \underline{P}_{ij} = PMAQ_{min j} \quad \forall j \quad (3.5)$$

$$\sum_{i \in I} \overline{P}_{ij} = PMAQ_{max j} \quad \forall j \quad (3.6)$$

Dónde

- $PMAQ_{min j}$ Representa el límite inferior de la potencia de la máquina “j”
- $PMAQ_{max j}$ Representa el límite superior de la potencia de la máquina “j”

Por último tomando en cuenta la premisa que “cada área debería ser capaz de suministrar su propia demanda” [110], esto para no generar oscilaciones entre las mismas, se incluye la restricción dentro del modelo matemático.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} R_j P_{ijk} = Dem_k \quad \forall K \quad (3.7)$$

Dónde

- P_{ijk} Representa la potencia de los escalones de las máquinas que pertenecen a la misma zona “k”
- Dem_k Representa la demanda de la zona “k”
- K Representa el número de zonas

El proceso evalúa el horizonte de tiempo de 24 horas por lo que se generan “Combinaciones” por cada una de las horas es decir que se realiza el algoritmo contemplando un día de operación.

3.2.2 Asignación de Unidades por confiabilidad.

El procedimiento para la asignación de unidades por confiabilidad, se repite de igual manera que la asignación de unidades mostrado anteriormente, cuya única diferencia es el incremento de la demanda, por lo que la restricción de equilibrio se modifica de la siguiente manera.

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in J} R_j P_{ijk} = Dem_k + Req_k \quad \forall K \quad (3.8)$$

Dónde

- R_k Representa la reserva mínima de potencia para la misma zona “k”

De la asignación anterior comparada con la asignación por confiabilidad se designan las centrales Must Run (centrales asignadas para mantener la confiabilidad del sistema [111]) cuya liquidación no pertenece al mercado eléctrico mayorista es decir que su costo marginal se podría encontrar por encima del costo marginal del sistema, por lo que su pago se realizará con base a la energía proveída al sistema eléctrico por ser requerimiento del CENACE.

3.2.3 Despacho Económico.

El problema del despacho económico se basa en la maximización del excedente económico o bien “The social welfare” donde por medio de los bloques o escalones de las ofertas de compra y venta se encuentra su valor, además de encontrar el precio de cierre del mercado, para la primera etapa de operación del mercado eléctrico mexicano, se suministrará la demanda pronosticada completa, por lo que las ERC se consideran “tomadoras de precio” es decir que pagaran la energía al nodo donde se encuentren conectadas, hasta la segunda etapa donde se permitirán ofertas de compra o bien Recursos de Demanda Controlable (RDC) [83]. Luego entonces el modelo propuesto en [112] del despacho de una hora (Single-Period Auction) puede ser reducido a:

$$\text{Min } [C_{11}P_{11} + \dots + C_{i1}P_{i1}] + \dots + [C_{1j}P_{1j} + \dots + C_{ij}P_{ij}] \quad (3.9)$$

Dónde

- P_{ij} Representa la potencia del escalón “ i ” de la máquina “ j ”
- C_{ij} Representa el costo por unidad, del escalón “ i ” de la máquina “ j ”
- i Número de escalones
- j Número de máquinas

Sujeta a las siguientes restricciones:

$$\underline{P_{ij}} < P_{ij} < \overline{P_{ij}} \quad (3.10)$$

Dónde:

- $\overline{P_{ij}}$ Representa el límite superior de la potencia del escalón “ i ” de la máquina “ j ”
- $\underline{P_{ij}}$ Representa el límite inferior de la potencia del escalón “ i ” de la máquina “ j ”

Es decir que la función objetivo es prácticamente igual a la función objetivo de la asignación de unidades, sin embargo el despacho de la energía debe tener mayor precisión por lo que se deben de considerar los aspectos de la red.

3.2.3.1 Inclusión de las pérdidas de la red.

En el pasado el método de análisis para incluir las pérdidas en la red estaba basado en la matriz Jacobiana siempre y cuando las condiciones en la red no cambiaran, el método de perturbaciones en la red también está basado de igual manera [113].

El método indica que las variaciones en las pérdidas en la red estarían dadas por:

$$\frac{\partial P_L}{\partial P_j} = \frac{\partial P_j + \partial P_s}{\partial P_j} \quad (3.11)$$

Dónde:

- $\frac{\partial P_L}{\partial P_j}$ –Factor que describe el cambio de las pérdidas totales en la red con respecto a la inyección de “j”.
- ∂P_j –Cambio de inyección de potencia en el nodo “j”.
- ∂P_s –Variación de potencia en el nodo slack.

Al obtener los factores que conforman el vector de pérdidas incrementales, se pueden generar los factores de penalización de (3) resultando en [114]:

$$\beta_j = 1 - \frac{\partial P_L}{\partial P_j} \quad (3.12)$$

Dónde:

- β_j –Es el factor de penalización de “j” que aproxima la parte proporcional de la energía destinada a la demanda.

De manera que la función objetivo anteriormente mencionada es modificada agregando el nuevo factor de penalización:

$$\text{Min } \beta_1 [C_{11}P_{11} + \dots + C_{i1}P_{i1}] + \dots + \beta_j [C_{1j}P_{1j} + \dots + C_{ij}P_{ij}] \quad (3.13)$$

3.2.3.2 Inclusión de los límites de las líneas de transmisión.

El modelado de las restricciones para incluir los límites de potencia activa de las líneas de transmisión, necesita un valor cuantitativo que haga referencia al cambio del flujo de una línea con respecto a la inyección o extracción de potencia en un nodo de la red, para ello son usados los coeficientes de sensibilidad [115].

Estos coeficientes son obtenidos a partir de la ecuación de flujos de potencia en corriente directa [109]:

$$P = B\theta \quad (3.14)$$

Dónde

- P Es el vector de potencias nodales en la red.
- B Matriz de interconexión de reactancias en la red
- θ Es el vector de ángulos nodales en la red.

Se puede observar que el problema es lineal y puede ser rescrito de la siguiente forma:

$$\Delta\theta = Z \Delta P \quad (3.15)$$

Dónde

- Z Es la matriz inversa de B .

Después de calcular la inversión de la matriz B “se pueden definir coeficientes de sensibilidad de flujos de potencia en elementos de transmisión a cambios de inyecciones nodales como” [109]:

$$A_{ij/k} = \frac{\Delta P_{ij}}{\Delta P_k} = \frac{Z_{ik} - Z_{jk}}{X_{ij}} \quad (3.16)$$

Dónde

- $A_{ij/k}$ Es el factor de sensibilidad del elemento conectado del nodo “ i ” al nodo “ j ” con respecto el cambio en la inyección del nodo “ k ”.
- Z_{ik} Es el elemento de la matriz Z de la columna “ i ” de la fila “ k ”
- Z_{jk} Es el elemento de la matriz Z de la columna “ j ” de la fila “ k ”
- X_{ij} Es la reactancia del elemento conectado del nodo “ i ” al nodo “ j ”.

Puesto que incluir cada una de las restricciones de los límites de todas las líneas de transmisión en el problema de optimización, causaría que el proceso fuese más lento o reduciría el espacio factible de soluciones a tal grado de no converger el proceso, se utiliza el concepto de relajación [116], el cual indica que se puede resolver el problema con las mínimas restricciones posibles, e integrar al problema en una segunda iteración las restricciones que fueron violadas debido al resultado de la primera, siendo iterativo hasta que se cumplan los requerimiento del modelo.

Para ello se utiliza el modelo de flujos de potencia de corriente directa que se explicará su incorporación en el diagrama de flujo.

De manera que las restricciones se modelan de la siguiente forma modificando la restricción mostrada en [115]:

$$A_{mn/1}[P_{11} + \dots + P_{i1}] + \dots + A_{mn/j}[P_{1j} + \dots + P_{ij}] \leq Lim_{mn} - \sum_{h \in H} A_{mn/h} \cdot P_h^0 \quad (3.17)$$

Dónde

- Lim_{mn} Es el límite de potencia activa del elemento conectado entre los nodos “m” y “n”.
- P_h^0 Es la potencia inicial del nodo “h” (por ser nodo de carga o bien por una inyección de potencia debido a un contrato bilateral)
- H es el número total de nodos.

Puesto que la dirección de flujo de potencia en las líneas de transmisión es desconocida, se debe de restringir ambas direcciones, multiplicando los factores de sensibilidad por menos uno (-1) de manera que al cumplirse la restricción del flujo real de la línea, la segunda restricción se cumpliría de manera automática.

$$-A_{mn/1}[P_{11} + \dots + P_{i1}] - \dots - A_{mn/j}[P_{1j} + \dots + P_{ij}] \leq Lim_{mn} + \sum_{h \in H} A_{mn/h} \cdot P_h^0 \quad (3.18)$$

Considerando las restricciones antes mencionadas, el diagrama de bloques para el despacho económico se puede observar la Figura. 3.3 donde el flujo ocurre de la siguiente manera:

1. Los datos de lectura corresponden a la asignación de unidades, la demanda pronosticada, los parámetros de la red y los límites de potencia de los elementos de las mismas.
2. Teniendo los datos de entrada se elabora la matriz de reactancias de la red y el vector de potencias nodales.
3. Se realiza el proceso de optimización con el modelo antes descrito.
4. Teniendo el despacho económico se actualiza el vector de potencias nodales.
5. Se calcula los flujos de CD para observar los flujos de potencias en las líneas.
6. Se evalúa las líneas violadas que necesiten alivio en caso de no existir el programa termina.
7. En caso de existir líneas violadas, se calcula los factores de sensibilidad para el modelado de las restricciones en las líneas.
8. Se realiza el cálculo iterativo hasta que no existan elementos violados por su límite de potencia.

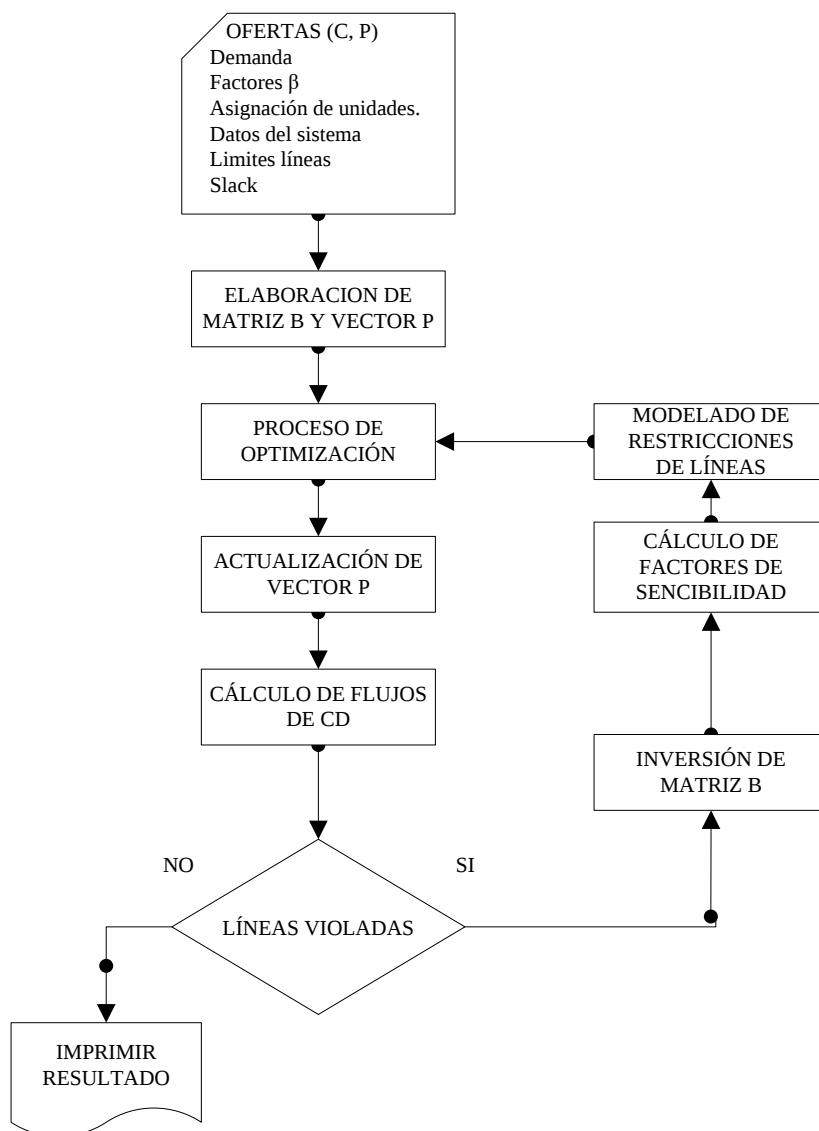


Figura. 3. 3 Diagrama de flujo para la solución al problema de despacho económico –
Elaboración propia.

3.2.4 Cálculo de los PML.

Los precios marginales locales son definidos como “el costo marginal por suministrar el siguiente incremento de energía eléctrica considerando el costo de generación y los aspectos del sistema de transmisión” [117].

Como se explica en [118] si no se contemplase las restricciones de la red, el costo marginal local de cada uno de los nodos serían iguales al “Market clearing Price” es decir el precio de cierre del mercado.

Los precios marginales locales se descomponen en tres componentes:

- I. Componente de energía.
- II. Componente de pérdidas.
- III. Componente de congestión.

La suma de cada una de ellas conforma el precio marginal local [67]:

$$\lambda_i = \lambda_{ene} + \lambda_{per} + \lambda_{con} \quad (3.19)$$

Dónde

- λ_i Es el precio marginal del nodo “i”
- λ_{ene} Es la componente de energía.
- λ_{per} Es la componente de pérdidas.
- λ_{con} Es la componente de congestión.

Luego entonces la componente de energía estaría dada por:

$$\lambda_{ene} = \lambda_{Ref} \quad (3.20)$$

Dónde

- λ_{Ref} Se refiere al costo por unidad del último escalón de la última máquina despachada en el sistema, excluyendo la potencia de los contratos bilaterales y las máquinas designadas por confiabilidad, al ser liquidadas de distinta forma como se explicó anteriormente.

La componente de pérdidas estaría dada por:

$$\lambda_{per} = -L_i \cdot \lambda_{Ref} \quad (3.21)$$

Dónde

- L_i Factor que describe el cambio de las pérdidas totales en la red con respecto a la inyección de “i” es decir que es igual al elemento calculado anteriormente por el método de perturbaciones en la red $\frac{\partial PL}{\partial P_j}$.

Por último la componente de congestión está dada por:

$$\lambda_{con} = - \sum_j (\mu_j \cdot SF_{ji}) \quad (3.22)$$

Dónde

- μ_i Factor que describe la variable dual o bien el “precio sombra” del método de optimización debido a la restricción del límite de transmisión del elemento j , “este factor es igual al multiplicador de LaGrange (usando el método de relajación del Lagrangiano) o la variable Slack (usando el método simplex)” [113].
- SF_{ji} Factor que describe la variación del flujo del elemento de transmisión “ j ” debido al cambio en la inyección del nodo “ i ” es decir que es equivalente a hablar al factor de sensibilidad $A_{ij/k}$ calculado anteriormente.
- J Es el conjunto de restricciones debido a la violación de los límites de transmisión.

Las variables duales surgen de dividir el modelo de optimización en dos problemas, el segundo es aquel que cumple con cada una de las restricciones, y el primero es aquel que genera la solución para que se maximice o minimice la función [38].

3.3 Subastas.

Como se había mencionado con anterioridad, las subastas en el mercado eléctrico mexicano, a diferencia de la definición en otros modelos de distintos países, son herramientas que fomentan los contratos bilaterales o bien como su nombre formal lo indica en las bases del mercado eléctrico mexicano [42], los contratos de cobertura eléctrica.

Existen diversos objetivos y justificaciones para la puesta en marcha de esta herramienta, vistos desde distintos puntos de vista.

Por parte de las entidades responsables de carga [119].

- Cubrir mayormente la necesidad de adquirir CEL.
- Resguardar parcialmente la necesidad de cubrir con los requerimientos de Potencia que indique la CRE, a las ERC [120].
- Generar estabilidad económica ante la volatilidad del MEM.

Por parte de los generadores [119].

- Vender los recursos que generan bajo la modalidad “Pay as Bid”, cubriendo mayormente los costos fijos de su producción.
- Garantizar la venta de los CEL que produzcan en un futuro.
- Generar ingresos para su inversión en el mercado y fomentar la ampliación del SEP.
- Generar estabilidad económica ante la volatilidad del MEM.

3.3.1 Productos ofertados.

Los productos ofertados en las subastas de largo plazo como en las de mediano plazo difieren entre sí, puesto que cada una está realizada con una orientación distinta es decir que mientras las SLP se caracterizan por proveer los CEL, las SMP ayudan a cumplir con los requerimientos de potencia ante la CRE.

3.3.1.1 Potencia.

La potencia es el producto con menor movimiento con respecto a los otros productos ofertados en las SLP, puesto que este producto puede ser adquirido de distintas maneras en el mercado, como SMP, el mercado de balance de potencia o directamente en el MEM, lo cual lo hace un producto de bajo interés en esta práctica, sin embargo es el de mayor relevancia en las SMP.

Sus unidades son en [MW] e indican la responsabilidad legal al generador de suministrar el producto al suministrador en cierto periodo de tiempo [42], por lo cual se debe de considerar la ubicación de las ofertas.

3.3.1.2 CEL.

Los certificados de energía limpia son el producto con mayor interés en las SLP, puesto que al tener la necesidad legal de adquirirlos por parte de las ERC, se convierte en una necesidad prioritaria.

Los CEL se traducen en MW producidos a partir de fuentes de energías limpias [1], las cuales generalmente se consideran no despachables e intermitentes, por lo que los ofertantes deben de realizar los estudios pertinentes para poder cumplir con sus ofertas dentro de las subastas.

3.3.1.3 Energía.

Las unidades de la energía dentro de la subastas son [MWh] por lo que se debe de fijar la cantidad de [MW] y el tiempo en el cual se suministraría el producto, sin embargo al provenir de una fuente de energía intermitente surge el concepto de la energía eléctrica acumulable, la cual se define como la potencia entregada en el mercado en tiempo real [40], lo cual provoca alivio o estrés en el balance de energía a corto plazo, traduciéndose en cobros o pagos por estas acciones.

La energía eléctrica acumulable se traduce en la energía producida por los CEL por lo que las ofertas de energía con CEL deben de ser consistentes.

3.3.2 Subastas de largo plazo.

Las subastas de largo plazo como se menciona anteriormente tienen la función de suministrar mayormente los CEL a las ERC de manera que los formatos para registrar las ofertas se exponen a continuación [121]:

3.3.2.1 Modelo de la oferta de compra.

El modelo de la oferta de compra por parte de las ERC se realiza por cantidad del producto y precio máximo por unidad del mismo, adicionando datos anexos dependiendo de ser potencia, energía y CEL como se muestra en la Tabla 3.1.

Por parte de la potencia es necesario incluir la zona de potencia donde se ubica la ERC dispuesta a consumirla, además de los porcentajes de tolerancia que ofrecen al aceptar cierta cantidad del producto con una fecha irregular a la del contrato, en modalidad atrasada o adelantada.

Tabla 3. 1 Oferta de compra “Potencia”

Potencia				
Cantidad (MW/año)	Zona de Potencia	Precio. (\$ M.N. MW/año)	%Máximo de potencia con fecha anticipada	%Máximo de potencia con fecha retrasada

Por parte de los CEL al igual que la potencia, se ofrecen porcentajes de tolerancia de admisión de certificados con fecha de operación irregular como se muestra en la Tabla 3.2. Por el contrario no es necesario especificar la zona de potencia, puesto que no es requerimiento el consumo directo de los mismos.

Tabla 3. 2 Oferta de compra “CEL”

CEL			
Cantidad (CEL/año)	Precio. (\$ M.N. /año)	%Máximo de potencia con fecha anticipada	%Máximo de potencia con fecha retrasada

Por último la energía acumulable al ser razón de los productos anteriores no necesita contener datos anexos agregados a la oferta económica como se muestra en la Tabla 3.3.

Tabla 3. 3 Oferta de compra “Energía Acumulable”

Energía Acumulable	
Cantidad (MWh/año)	Precio. (\$ M.N. /año)

3.3.2.2 Modelo de la oferta de venta.

El modelo de la oferta de venta por parte de los generadores es distinto al formato de compra, puesto que la oferta económica se compone de un paquete que incluye la cantidad individual de los productos asociados así como su precio como se muestra en la Tabla 3.4.

Tabla 3. 4 Oferta de venta.

Paquete “n”			
Potencia (MW/año)	CEL (CEL/año)	Energía acumulable (MWh/año)	Precio por el paquete (\$ M.N.)

Como datos anexos es necesario especificar:

- Zona de potencia.
- Zona de precios.
- Zona de exportación.
- Zona o zonas de interconexión en caso de abrir una línea de transmisión.
- Para dos o más ofertas de un mismo consorcio se puede especificar si dichas ofertas son mutuamente excluyentes o condicionadas.
- Centrales y porcentaje de producción destinada a la subasta.

Se puede apreciar que el modelo de la oferta de venta sigue el concepto de la oferta discriminatoria en la cual el generador indica el precio por el paquete. Sin embargo las restricciones de factibilidad se atribuyen al lado del suministro, por lo que se requieren de estos datos anexos para ser incluidos en el modelo de optimización de la subasta.

A pesar de que los precios son fijados por el generador, son influyentes en el modelo matemático, puesto que en caso de existir violaciones de restricciones provocadas por dos ofertas de venta, se excluiría la de mayor precio, para hacer cumplir la condición.

3.3.2.3 Modelo de optimización de enteros mixtos.

El modelo de optimización se basa en la maximización del excedente económico [40], es decir el área debajo de la curva de la oferta de compra menos la de venta (figura 3.4).

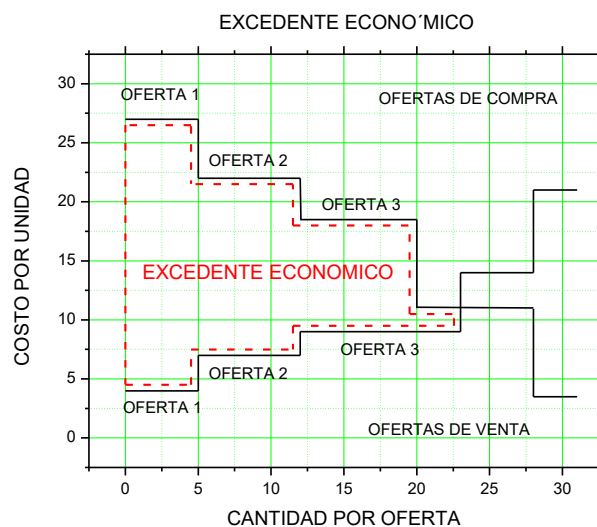


Figura. 3. 4 Excedente económico.

Otro punto de vista de la maximización del excedente económico se refiere al área creada después de ocurrir la liquidación de las ofertas, donde se determina el precio de vaciado, es decir, ocurre el cruce entre las ofertas de venta y compra. La maximización se refiere a considerar el mayor número de ofertas de ambas partes creando un área positiva, puesto que si se consideraran ofertas de venta cuyo precio fuese mayor al de vaciado, o por el contrario, se consideraran ofertas de compra cuyo precio fuese menor al de vaciado se generaría un área negativa, indicando que existe un valor económico cuyos participantes del mercado no están dispuestos a pagar o a recibir.

Aunque teóricamente la maximización del excedente económico, garantiza que la sumatoria de las cantidades ofertadas de venta, satisfagan a las de compra, considerando el valor monetario propuesto por cada una de ellas, el modelo indica la maximización de los productos asociados y el número de paquetes en la subasta, para que de esta forma se atienda la mayor cantidad de ambas partes.

El modelo utilizado para las subastas de largo plazo, es considerado de enteros mixtos por su función objetivo [41], la última actualización por la SENER es del 10 de noviembre del 2015 [40]. El cual se define a continuación:

$$\begin{aligned}
& \text{Maximizar} \\
& u, \text{Venta}P, \text{Venta}E, \text{Venta}C \sum_{zp \in ZP} \left\{ \sum_{bp \in BP_{zp}} \text{Venta}P_{bp} \text{Precio}P_{bp} \right\} \\
& + \sum_{be \in BE} \text{Venta}E_{be} \text{Precio}E_{be} + \sum_{bc \in BC} \text{Venta}C_{bc} \text{Precio}C_{bc} \quad (3.23) \\
& - \sum_{p \in PAQ} u_p \text{Precio}Paquete_p
\end{aligned}$$

Dónde

- $\text{Venta}P_{bp}$ Representa la cantidad total de potencia comprada por la oferta bp .
 - $\text{Venta}E_{be}$ Representa la cantidad total de energía comprada por la oferta be .
 - $\text{Venta}C_{bc}$ Representa la cantidad total de CEL comprados por la oferta bc .
 - $\text{Paquete}P_p$ Potencia ofertada en el paquete p .
 - $\text{Paquete}E_p$ Energía ofertada en el paquete p .
 - $\text{Paquete}C_p$ CEL ofertados en el paquete p .
 - $\text{Precio}Paquete_p$ Precio del paquete p ajustado.
 - $\text{Precio}P_{bp}$ Precio por unidad de potencia de la banda bp .
 - $\text{Precio}E_{be}$ Precio por unidad de energía de la banda be .
 - $\text{Precio}C_{bc}$ Precio por CEL de la banda bc .
 - zp Zona de potencia.
 - bp Banda de potencia de la oferta de compra.
 - be Banda de Energía Eléctrica Acumulable de la oferta de compra.
 - bc Banda de CEL de la oferta de compra.
 - p Paquete.
 - $BP_{zp} = \{1, 2, \dots, |BP_{zp}|\}$ Bandas de potencia en las zona de potencia zp
 - $BE = \{1, 2, \dots, |BE|\}$ Bandas de energía
 - $BC = \{1, 2, \dots, |BC|\}$ Bandas de CEL.
 - $PAQ = \{1, 2, \dots, |PAQ|\}$ Paquetes.
 - $PAQ(zp)$ Paquetes de la zona de exportación ze .
 - $ZP = \{1, 2, \dots, |ZP|\}$ Zonas de potencia.
 - u_p Variable binaria.
- 1 – Si el paquete fue seleccionado.
0 – Si el paquete no fue seleccionado.

Donde las cantidades por parte de las ofertas de compra son variables, con costos fijos, y la selección de los paquetes por parte de los generadores es de tipo combinatorio.

La función objetivo se encuentra sujeta a las siguientes restricciones.

El primer grupo de restricciones se refiere a las variaciones de las cantidades de las ofertas de compra, manteniéndolas dentro del rango de la oferta original [41].

$$VentaP_{bp} \leq DemP_{bp}^{max} \quad \forall bp \in BP_{ZP}, \forall zp \in ZP \quad (3.24)$$

$$VentaE_{be} \leq DemE_{be}^{max} \quad \forall be \in BE \quad (3.25)$$

$$VentaC_{bc} \leq DemC_{bc}^{max} \quad \forall bc \in BC \quad (3.26)$$

Dónde

- $DemP_{bp}^{max}$ Cantidad de potencia ofertada en la banda bp .
- $DemE_{be}^{max}$ Cantidad de energía ofertada en la banda be .
- $DemC_{bc}^{max}$ Cantidad de CEL ofertados en la banda bc .

El segundo grupo de restricciones se basa en el balance de productos seleccionados por parte de la oferta y la demanda, teóricamente las restricciones deberían de ser de igualdad sin embargo, al ser un problema combinatorio por parte de la oferta de venta, no todas las combinaciones cumplirían con este balance [41].

$$\sum_{bp \in BP_{Zp}} VentaP_{bp} \leq \sum_{p \in PAQ(zp)} u_p PaqueteP_p \quad \forall zp \in ZP \quad (3.27)$$

$$\sum_{bp \in BE} VentaE_{be} \leq \sum_{p \in PAQ} u_p PaqueteE_p \quad (3.28)$$

$$\sum_{bp \in BC} VentaC_{bc} \leq \sum_{p \in PAQ} u_p PaqueteC_p \quad (3.29)$$

Cabe mencionar que la primera restricción de este grupo indica el balance de potencia por cada zona de potencia, por lo que al tener tres zonas en el país (Sistema Interconectado de Baja California, Sistema Interconectado de Baja California Sur y Sistema Interconectado Nacional) se convierte en tres restricciones, esto debido a que al ser un producto que requiere de la entrega física es necesario considerar que las cantidades de oferta y demanda se encuentren en la misma área geográfica, a diferencia de la energía o los CEL que su entrega física no es necesaria, es decir que las ventas entre distintas zonas de potencia para estos productos se permiten a pesar de no estar interconectadas entre sí.

El tercer grupo de restricciones [41] hacen cumplir con el balance de los productos asociados con fecha de operación irregular con adelanto o atraso a la fecha estándar de operación.

$$\sum_{p \in PAQ(zp)} u_p PaqueteP_p FechalrrAnt_p \leq KfechalrrAntP \sum_{bp \in BP_{zp}} VentaP_{bp} \quad \forall zp \in ZP \quad (3.30)$$

$$\sum_{p \in PAQ(zp)} u_p PaqueteP_p FechalrrDesp_p \leq KfechalrrDespP \sum_{bp \in BP_{zp}} VentaP_{bp} \quad \forall zp \in ZP \quad (3.31)$$

$$\sum_{p \in PAQ} u_p PaqueteC_p FechalrrAnt_p \leq KfechalrrAntC \sum_{bc \in BC} VentaC_{bc} \quad (3.32)$$

$$\sum_{p \in PAQ} u_p PaqueteC_p FechalrrDesp_p \leq KfechalrrDespC \sum_{bc \in BC} VentaC_{bc} \quad (3.33)$$

Donde

- $FechalrrAnt_p$ Numero binario del paquete p .
1 - si el paquete opera antes de la fecha estándar.
0 - si el paquete no opera antes de la fecha estándar.
- $FechalrrDesp_p$ Numero binario del paquete p .
1 - si el paquete opera después de la fecha estándar.
0 - si el paquete no opera después de la fecha estándar.
- $KFechalrrAntP$ Parámetro real [0,1] representa el porcentaje máximo de potencia que las ERC están dispuestas a aceptar antes de la fecha estándar.
- $KFechalrrDespP$ Parámetro real [0,1] representa el porcentaje máximo de potencia que las ERC están dispuestas a aceptar después de la fecha estándar.
- $KFechalrrAntC$ Parámetro real [0,1] representa el porcentaje máximo de CEL que las ERC están dispuestas a aceptar antes de la fecha estándar.
- $KFechalrrDespC$ Parámetro real [0,1] representa el porcentaje máximo de CEL que las ERC están dispuestas a aceptar después de la fecha estándar.

Se puede observar que las restricciones se refieren a la fecha irregular para la entrega de la potencia y CEL sin contemplar la energía acumulable, debido a que este concepto es razón de los otros dos por lo que se encuentra de manera implícita dentro de estas restricciones.

Este grupo de restricciones se divide en ERC que desean o pueden obtener productos antes de la fecha de operación estándar y ERC que aceptan una fecha irregular después esto debido a que al ser subastas a largo plazo se deben de considerar refuerzos a la red y posibles repotenciaciones de las centrales eléctricas de los generadores.

Un cuarto grupo de restricciones [41] incorporan la factibilidad de la entrega de productos con respecto a las condiciones físicas de la red, estas restricciones se atribuyen a las ofertas de venta por parte de los generadores, por lo que implícitamente el costo de los paquetes influye en casos de controversia donde las centrales de distintos consorcios oferten bajo las mismas zonas de exportación o interconexión y violen los límites proporcionados por el ente regulador.

$$\sum_{c \in C(z_i)} u_c \text{CapacidadDePlaca}_c \text{Sinprelacion}_c \leq \text{LimInterconexionZI}_{zi} \quad \forall zi \in ZI \quad (3.34)$$

$$\sum_{p \in PAQ(ze)} u_p \text{PaqueteE}_p \text{Sinprelacion}_p \leq \text{LimEnergiaElectricaZE}_{ze} \quad \forall ze \in ZE \quad (3.35)$$

Dónde

- $\text{CapacidadDePlaca}_c$ Capacidad de placa de la central c en [MW].
- $\text{LimInterconexionZI}_{zi}$ Parámetro real, representa el límite máximo de interconexión en la zona zi en [MW].
- $\text{LimEnergiaElectricaZE}_{ze}$ Parámetro real, representa el límite máximo de exportación en la zona ze en [MW].
- zi Zona de interconexión.
- ze Zona de exportación.
- c Central que pertenece a uno o más paquetes.
- $C = \{1, 2, \dots, |C|\}$ Centrales eléctricas.
- $ZI = \{1, 2, \dots, |ZI|\}$ Zonas de interconexión.
- $ZE = \{1, 2, \dots, |ZE|\}$ Zonas de exportación.

Se puede observar que los parámetros de este grupo de restricciones son constantes a excepción de la variable “u” cuyo tipo es combinatorio, por lo que son integradas al problema de optimización de manera implícita, donde solo reducen el espectro de soluciones factibles sin realizar cambios dentro del ciclo combinatorio del programa.

El último grupo de restricciones [41] interactúa con la variable combinatoria “u” donde se restringe el espacio factible de combinaciones.

$$u_p \leq u_{pi} \quad \forall oci \in OC \mid oci = (p, pi) \quad (3.36)$$

$$\sum_{p \in omei} u_p \leq 1 \quad \forall omei \in OME \quad (3.37)$$

Dónde

- oci Grupo de 2 paquetes condicionados.
- $omei$ Grupo de 2 paquetes o más mutuamente excluyentes.
- $OC = \{1, 2, \dots, |OC|\}$ Paquetes condicionados.
- $OME = \{1, 2, \dots, |OME|\}$ Paquetes mutuamente excluyentes.

Una restricción adicional específica que las centrales de una oferta de venta (paquete) deben pertenecer a las combinaciones mismas del paquete.

$$u_p \leq u_c \quad \forall c \in C_p, \forall p \in P \quad (3.38)$$

Dónde

- u_c Variable binaria.
1- Si la central fue seleccionada.
0- Si la central no fue seleccionada
- $C_p = \{1, 2, \dots, |C_p|\}$ Centrales eléctricas del paquete p .

Se puede considerar que las últimas tres restricciones son propias de la metodología de la programación, por lo que se pueden omitir siempre y cuando se respeten las condiciones de las ofertas mutuamente excluyentes o condicionadas.

Debido a que la ubicación del generador influirá en futuros costos con las ERC se ajusta el precio del paquete ofertado con respecto a su ubicación y parámetros económicos, cabe resaltar que dicho ajuste de precios se realiza solo para ser incorporado en el modelo de selección de ofertas, y una vez llevada a cabo la subasta, los precios originales del paquete antes del ajuste se mantienen celebrando los contratos de cobertura eléctrica entre generadores y ERC.

Los principales factores que influyen al ajuste del precio del paquete son las variaciones de los precios marginales locales influidos por el mercado eléctrico mayorista, y las inflaciones del valor de la moneda nacional, reduciéndose a la siguiente formula [40]:

$$\text{PrecioPaquete}_p = (\text{PrecioOriginalPaquete}_p + \Delta\text{PML}_{zpr}\text{PaqueteE}_p) \cdot (\text{FactorPrefPesos} * \text{FactorDevEsp})^{\text{IndexUSD}_p} \quad (3.39)$$

Dónde:

- **FactorPrefPesos** Se refiere al interés de las ERC por comprar el paquete con valor fijo de 1.01.
- **FactorDevEsp** Se refiere a un factor económico correspondiente a la inflación de la moneda nacional con respecto al cambio de moneda con el dólar americano variante entre 1.03 a 1.06.
- **IndexUSD_p** Valor binario 0 – si la oferta se encuentra dada en pesos mexicanos, o 1 de lo contrario, por lo que de ser ofertada en la moneda nacional, no tiene influencias con respecto a la inflación, y los parámetros anteriores no influyen.
- **ΔPML_{zpr}** Se define como el valor esperado entre el promedio de los PML del sistema eléctrico nacional y la zona de precios donde se ubica el paquete, ajustado durante el plazo de la subasta reflejando de esta manera un incremento o decremento en el precio original del paquete.
- **zpr** Zona de precios.
- **$ZPR = \{1, 2, \dots, |ZPR|\}$** Zonas de precios.

Para calcular este último valor se utiliza la siguiente fórmula [40]:

$$\Delta\text{PML}_{zpr} = \text{VNPMLS} - \text{VNPML}_{zpr} \quad (3.40)$$

Dónde

VNPMLS Representa el valor promedio de los PML del sistema eléctrico nacional

VNPML_{zpr} Representa el valor promedio de los PML de la zona de precios donde se ubica el paquete ofertado

Ambos dados por las siguientes fórmulas:

$$\Delta\text{VNPML}_{zpr} = \frac{\sum_{a=1}^{15} \sum_{m=1}^{12} \sum_{h=1}^{24} \frac{\text{PML}_{zpr,h,m,a}}{(1+t)^a}}{\sum_{a=1}^{15} \sum_{m=1}^{12} \sum_{h=1}^{24} \frac{1}{(1+t)^a}} \quad (3.41)$$

$$(3.42)$$

$$\Delta VNPML_{zpr} = \frac{\sum_{zg} \sum_{a=1}^{15} \sum_{m=1}^{12} \sum_{h=1}^{24} \frac{PML_{zpr,h,m,a}}{(1+t)^a}}{\sum_{zg} \sum_{a=1}^{15} \sum_{m=1}^{12} \sum_{h=1}^{24} \frac{1}{(1+t)^a}}$$

Dónde

- $PML_{zpr,h,m,a}$ Representa el precio marginal de dicha zona de precios, hora, mes y año
- a representa los años
- m representa los años
- h representa los años
- t representa la tasa de descuento social, indicada por el gobierno, que refleja el análisis costo beneficio para implementar obras públicas que favorecen a la sociedad.

Cabe mencionar que se debe de evaluar el porcentaje del excedente económico, siendo este mayor a 8% [122], en caso contrario se debe de realizar una segunda iteración para aproximar costos de compra y venta.

La metodología antes propuesta puede ser observada en el diagrama de bloques, que refleja el proceso siguiendo el flujo de la siguiente manera:

1. Se realiza la adquisición de datos.
2. Se realiza el pronóstico de los PML y la generación de combinaciones.
3. Se realiza la corrección de los precios de las ofertas de venta (paquetes).
4. Se generan las combinaciones totales de paquetes y se ingresa a un ciclo iterativo.
5. Se corrobora que las combinación “R” cumpla con la restricciones combinatorias es decir aquellas que no entran en el proceso de optimización como las de restricciones de red y aquellas ofertas que fuesen dependientes como las “mutuamente excluyentes”
6. Se realiza el proceso de optimización y se ingresa el excedente económico a un vector de soluciones factibles.
7. Terminando el ciclo iterativo se obtiene el máximo del vector de soluciones.
8. Se evalúa el excedente económico y se actualizan las ofertas en caso de ser menor al 8%, en caso contrario se asignan los contratos entre licitantes y compradores.

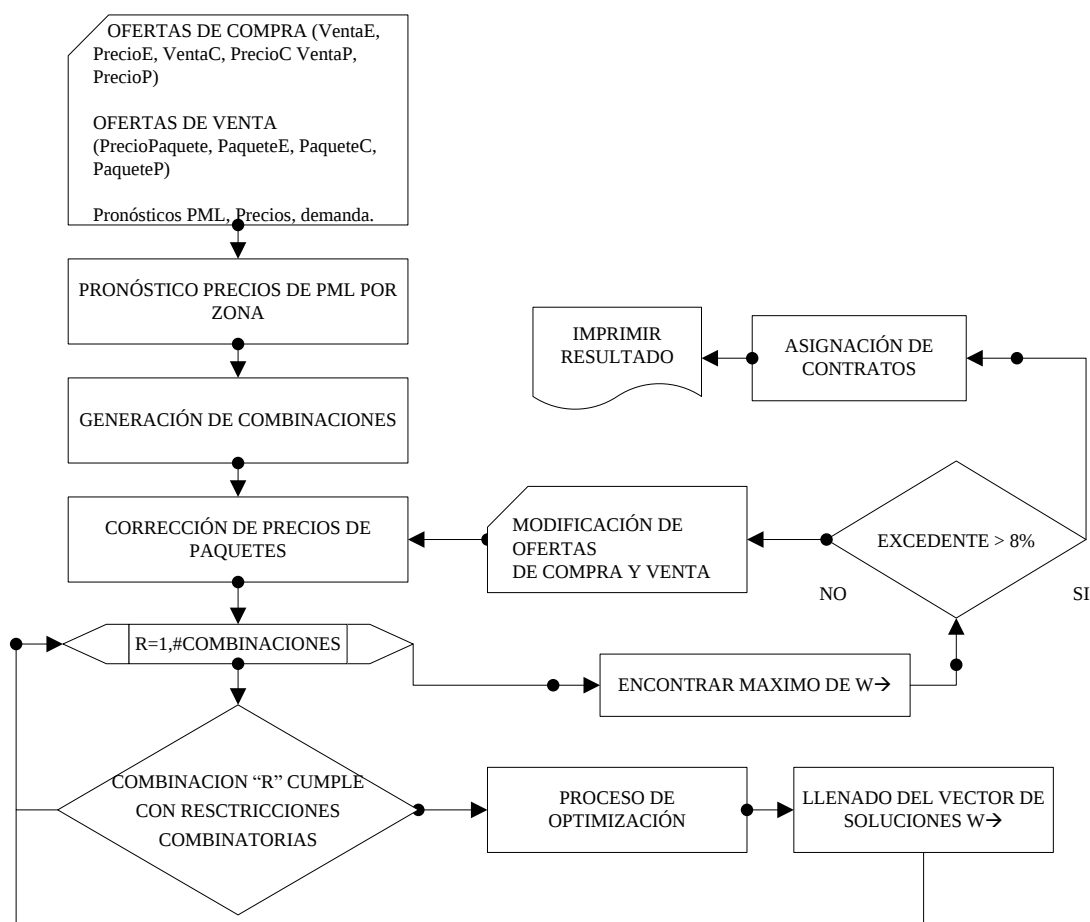


Figura. 3. 5 Diagrama de flujo para la solución al problema de subastas de largo plazo –
Elaboración propia.

3.3.3 Subastas de mediano plazo.

Las subastas de mediano plazo (tres años [42]), “tienen como propósito adquirir la potencia y la energía eléctrica que será consumida por los usuarios de suministro básico a fin de reducir o eliminar su exposición a los precios de estos productos en el corto plazo” [27].

Al día de hoy no se ha publicado el “Manual de subastas de mediano plazo” por parte del Centro Nacional del Control de la Energía (CENACE) por lo que se propone el modelo matemático basado en las bases del mercado en específico en los numerales 14.2.4 y 14.2.6 [42], para de esta manera resolver la problemática.

Los productos asociados en las SMP son la energía en demanda, base, media y pico, además de la potencia.

El modelo de SMP debería de contemplar la maximización del excedente económico de cada una de dichas variables, es decir, en términos de potencia [MW] o bien de energía [MW/h] a diferencia de la SLP que contempla el intercambio de CEL y Energía eléctrica acumulable, al ser fuentes no despachables.

Para cada una de las variables se requiere una potencia máxima destinada a atender cada producto, con un costo fijo por cada una de ellas, a excepción de la potencia, cuya oferta para las ERC se basa en una curva de pares cantidad – costo por unidad, para dicho caso, se propone una curva de cinco escalones.

Luego entonces la función objetivo que se propone se muestra en la siguiente ecuación, cabe mencionar que se modela para un solo sistema eléctrico de potencia por lo que se da por entendido que las entregas de los productos son físicas además de financieras:

$$\begin{aligned} \text{Maximizar } & \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_{ij} C_{ij} + \sum_{i \in I} P_{Pi} C_{Pi} + \sum_{i \in I} P_{Mi} C_{Mi} + \sum_{i \in I} P_{Bi} C_{Bi} - \sum_{k \in K} Q_k R_k \\ & - \sum_{k \in K} Q_{Pk} R_{Pk} - \sum_{k \in K} Q_{Mk} R_{Mk} - \sum_{k \in K} Q_{Bk} R_{Bk} \end{aligned} \quad (3.43)$$

Dónde

- i Es el número de oferta de compra
- j Es el número de escalón de la curva de compra de potencia
- k Es el número de oferta de venta
- P_{ij} Banda de potencia de la oferta de compra “ i ” en el escalón “ j ”. (Variable)
- C_{ij} Costo fijo por unidad de potencia de la oferta de compra “ i ” en el escalón “ j ”. (Constante)
- P_{Pi} Banda de energía en demanda pico de la oferta de compra “ i ”. (Variable)
- C_{Pi} Costo fijo por unidad de energía en demanda pico de la oferta de compra “ i ”. (Constante)
- P_{Mi} Banda de energía en demanda media de la oferta de compra “ i ”. (Variable)
- C_{Mi} Costo fijo por unidad de energía en demanda media de la oferta de compra “ i ”. (Constante)
- P_{Bi} Banda de energía en demanda base de la oferta de compra “ i ”. (Variable)
- C_{Bi} Costo fijo por unidad de energía en demanda base de la oferta de compra “ i ”. (Constante)
- Q_k Banda de potencia de la oferta de venta “ k ”. (Variable)
- R_k Costo fijo por unidad de potencia de la oferta de venta “ k ”. (Constante)

- Q_{Pk} Banda de energía en demanda pico de la oferta de venta “ k ”. (Variable)
- R_{Pk} Costo fijo por unidad de energía en demanda pico de la oferta de venta “ k ”. (Constante)
- Q_{Mk} Banda de energía en demanda media de la oferta de venta “ k ”. (Variable)
- R_{Mk} Costo fijo por unidad de energía en demanda media de la oferta de venta “ k ”. (Constante)
- Q_{Bk} Banda de energía en demanda base de la oferta de venta “ k ”. (Variable)
- R_{Bk} Costo fijo por unidad de energía en demanda base de la oferta de venta “ k ”. (Constante)

El primer bloque de restricciones a las que se restringe la función objetivo, limita las variables a las cantidades máximas ofertadas, destinadas a cada producto, por cada participante de la subasta.

$$0 < P_{ij} < Pmax_{ij} \quad \forall i, j \quad (3.44)$$

$$0 < P_{Pi} < Pmax_{Pi} \quad \forall i \quad (3.45)$$

$$0 < P_{Mi} < Pmax_{Mi} \quad \forall i \quad (3.46)$$

$$0 < P_{Bi} < Pmax_{Bi} \quad \forall i \quad (3.47)$$

$$0 < Q_k < Qmax_k \quad \forall k \quad (3.48)$$

$$0 < Q_{Pk} < Qmax_{Pk} \quad \forall k \quad (3.49)$$

$$0 < Q_{Mk} < Qmax_{Mk} \quad \forall k \quad (3.50)$$

$$0 < Q_{Bk} < Qmax_{Bk} \quad \forall k \quad (3.51)$$

Dónde

- $Pmax_{ij}$ Es la potencia máxima ofertada en el escalón “ j ” de la oferta de compra “ i ”
- $Pmax_{Pi}$ Es la energía máxima ofertada en demanda pico de la oferta de compra “ i ”
- $Pmax_{Mi}$ Es la energía máxima ofertada en demanda media de la oferta de compra “ i ”
- $Pmax_{Bi}$ Es la energía máxima ofertada en demanda base de la oferta de compra “ i ”
- $Qmax_k$ Es la potencia máxima ofertada de la oferta de venta “ k ”
- $Qmax_{Pk}$ Es la energía máxima ofertada en demanda pico de la oferta de venta “ k ”
- $Qmax_{Mk}$ Es la energía máxima ofertada en demanda media de la oferta de venta “ k ”

- $Q_{max_{Bk}}$ Es la energía máxima ofertada en demanda base de la oferta de venta “ k ”

El segundo bloque de restricciones se asegura que se cumpla el equilibrio de los productos ofertados, es decir que la cantidad vendida sea igual a la cantidad comprada para cada producto en la subasta.

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} P_{ij} C_{ij} = \sum_{k \in K} Q_k R_k \quad (3.52)$$

$$\sum_{i \in I} P_{Pi} C_{Pi} = \sum_{k \in K} Q_{Pk} R_{Pk} \quad (3.53)$$

$$\sum_{i \in I} P_{Mi} C_{Mi} = \sum_{k \in K} Q_{Mk} R_{Mk} \quad (3.54)$$

$$\sum_{i \in I} P_{Bi} C_{Bi} = \sum_{k \in K} Q_{Bk} R_{Bk} \quad (3.55)$$

Como se puede observar en el modelo, a diferencia de las SLP, las SMP no tienen precios de paquetes por parte de las ofertas de venta, por lo que existen distintos precios considerados a lo largo del modelo, por lo que no se tiene una referencia de pago o cobro para generar los contratos de cobertura eléctrica, de manera que las bases del mercado [42] indica que los precios de cierre serán equivalentes a las variables sombra, o mejor conocidas como las variables duales que el programa de optimización genere para cada una de las restricciones de igualdad.

CAPÍTULO 4 OPERACIÓN DEL MERCADO ELÉCTRICO.

“We all have dreams. But in order to make dreams come into reality, it takes an awful lot of determination, dedication, self-discipline, and effort” – Jesse Owens

4.1 Introducción.

La simulación del caso base pretende ilustrar la manera de operar un sistema eléctrico de potencia en un ambiente desregulado, según el régimen del mercado eléctrico mexicano, para ello se simularán los modelos matemáticos planteados en el capítulo tres, los cuales fueron resueltos por medio del método Simplex revisado, compilado en el lenguaje de programación Fortran 90, mismos que se pueden encontrar en los **apéndices L, N, N y Ñ**.

4.2 Sistema de prueba.

Para poder generar un ambiente desregulado que conlleve una notable diversidad de ofertas se utilizó el sistema de prueba de 118 nodos de la IEEE [43].

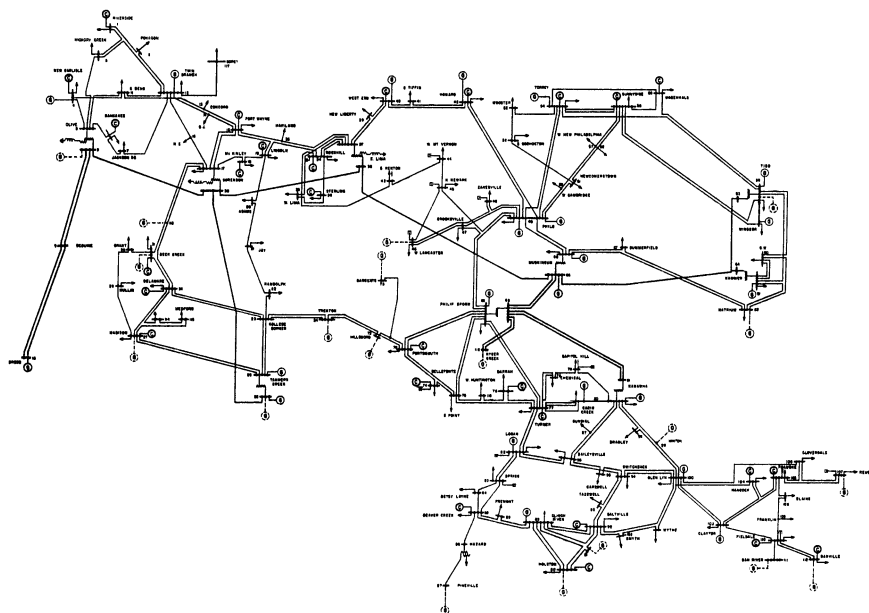


Figura. 4. 1 Red de prueba Sistema IEEE 118 nodos.

Los datos de la red así como el diagrama unifilar se pueden consultar en el **apéndice B**. El sistema cuenta con 54 unidades térmicas por lo que la generación de ofertas se puede realizar a partir de la curva de entrada – salida de la máquina, se proponen usar 11 escalones por oferta por máquina [108]. De manera que al segmentar cada curva como se observó en la “Figura. 2.35– B”. Modelo básico de la oferta de generación” las ofertas marginales de venta resultan como se muestra en la Tabla 4.1.

Tabla 4. 1 Oferta marginal de compra.

Escalón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	U
Pmax-Esc (MW)	2.727	2.727	2.727	2.727	2.727	2.727	2.727	2.727	2.727	2.727	2.727	1
Pmin-Esc (MW)	2.727	2.273	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Consumo(MBTU)	26.624	27.004	27.384	27.764	28.144	28.524	28.904	29.284	29.664	30.044	30.424	
...	..	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
Pmax-Esc (MW)	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	54
Pmin-Esc (MW)	4.545	4.545	4.545	4.545	4.545	2.273	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	
Consumo (MBTU)	23.031	23.120	23.209	23.298	23.387	23.475	23.564	23.653	23.742	23.831	23.920	

*La tabla completa con las 54 unidades se puede observar en el **apéndice B**.

Obtenidas las ofertas marginales de cada máquina se deben generar las ofertas horarias, por lo que las ofertas generadas anteriormente deberían de contener los mínimos costos de producción, de esta manera reflejan las mínimas ofertas, las cuales, deberían de ser modificadas estratégicamente por cada generador para de esta manera conseguir ser contemplado dentro del mercado, por lo que se genera un problema específico, así que se multiplicaran las ofertas marginales por números aleatorios por cada una de las horas, para que por medio de esta manera se ilustrara la diversidad de las mismas, proponiendo una oferta máxima con respecto a esta consideración del 50% mientras que el manual correspondiente [108] acepta un 110% considerando el precio del combustible.

Los precios de la tabla 4.1 expresan los valores en MBTU, mientras que los PML del mercado Mexicano son referidos en su moneda nacional (M.N.), así que dentro del algoritmo para generar las ofertas horarias se deben de contemplar los costos de combustible (**apéndice C**) y consecuentemente el costo del dólar americano [123] con respecto el peso mexicano.

Contemplando las indicaciones de los párrafos anteriores se puede generar la Tabla 4.2:

Tabla 4. 2 Oferta Horaria

U	LIM. INF (MW)	LIM. SUP (MW)	C.M. (MBTU)	\$Combustible (Dólares)	Dólar (M.N.)	C.M. (M.N.)	Números Aleatorios	C. HOR 1 (M.N.)	C. HOR 2 (M.N.)	...
1	2.73	2.73	26.62	2.36	18.60	1169.86	1.00 1.23 ...	1169.86	1437.58	...
	2.27	2.73	27.00	2.36	18.60	1186.56	1.00 1.23 ...	1186.56	1458.10	...
	0.00	2.73	27.38	2.36	18.60	1203.25	1.00 1.23 ...	1203.25	1478.62	...
	0.00	2.73	27.76	2.36	18.60	1219.95	1.00 1.23 ...	1219.95	1499.14	...
	0.00	2.73	28.14	2.36	18.60	1236.64	1.00 1.23 ...	1236.64	1519.65	...
	0.00	2.73	28.52	2.36	18.60	1253.34	1.00 1.23 ...	1253.34	1540.17	...
	0.00	2.73	28.90	2.36	18.60	1270.04	1.00 1.23 ...	1270.04	1560.69	...
	0.00	2.73	29.28	2.36	18.60	1286.73	1.00 1.23 ...	1286.73	1581.21	...

*La tabla con las ofertas horarias de las 54 unidades se puede observar en el **apéndice D**.

Se puede observar en la Tabla 4.2 que la oferta horaria contempla las mismas potencias por escalón a todas horas, lo cual es incorrecto cuando se contemplan los contratos bilaterales, puesto que parte de su energía es contemplada en esa operación.

Al igual que la Tabla 4.1, la Tabla A.2 del **anexo A** contiene los consumos de arranque de cada máquina expresados en MBTU por lo que utilizando el precio del dólar y el consumo del combustible de la Tabla 4.2 dichos parámetros se modifican para obtener de esta manera dichos costos expresados en pesos mexicanos como se muestra en la Tabla 4.3.

Tabla 4. 3 Costos de arranque.

Unidad	C.A. Pesos	Unidad	C.A. Pesos	Unidad	C.A. Pesos	Unidad	C.A. Pesos
1	1757.61	15	1757.61	29	4394.04	43	4394.04
2	1757.61	16	2197.02	30	1977.32	44	4394.04
3	1757.61	17	1757.61	31	1757.61	45	4833.44
4	19333.76	18	1757.61	32	1757.61	46	1318.21
5	4833.44	19	2592.48	33	1318.21	47	2197.02
6	1757.61	20	4394.04	34	2197.02	48	2197.02
7	2197.02	21	4394.04	35	2197.02	49	1318.21
8	1757.61	22	2197.02	36	19333.76	50	1977.32
9	1757.61	23	2197.02	37	2197.02	51	2197.02
10	4394.04	24	4394.04	38	1757.61	52	2197.02
11	4394.04	25	4394.04	39	19333.76	53	2197.02
12	1757.61	26	2197.02	40	17576.15	54	1977.32
13	1757.61	27	10985.09	41	1318.21		
14	2197.02	28	10985.09	42	1977.32		

De igual manera, la suposición que los costos de arranque se consideren iguales para toda las horas es incorrecto puesto que dichos costos pueden variar, cuando los costos fijos de operación han sido ofertados en la SMP y los contratos bilaterales cubren dicha renta, o bien cuando el combustible es diferente a distintas horas.

4.3 Asignación de unidades.

Al no contemplar contratos bilaterales o bien la falta de suministros para cambiar el combustible a distintas horas, el estudio de asignación de unidades se puede llevar acabo conociendo la demanda por zona por hora, de manera que usando las Tablas A.10 y A.11 junto con la Figura. A.1 “Zonas del sistema de prueba” del **apéndice A** se puede generar la Tabla 4.4.

Tabla 4. 4 Demanda por zona por hora.

ZONA 1	ZONA 2	ZONA 3	TOTAL	HORA
1291.68	2071.26	837.06	4200	1
1217.87	1952.90	789.23	3960	2
1070.25	1716.19	693.56	3480	3
738.10	1183.58	478.32	2400	4
922.63	1479.47	597.90	3000	5
1107.16	1775.37	717.48	3600	6
1291.68	2071.26	837.06	4200	7
1439.30	2307.98	932.72	4680	8
1513.11	2426.33	980.55	4920	9
1623.83	2603.87	1052.30	5280	10
1642.28	2633.46	1064.26	5340	11
1550.02	2485.51	1004.47	5040	12
1476.21	2367.15	956.64	4800	13
1402.40	2248.80	908.81	4560	14
1623.83	2603.87	1052.30	5280	15
1660.73	2663.05	1076.22	5400	16
1568.47	2515.10	1016.43	5100	17
1642.28	2633.46	1064.26	5340	18
1734.54	2781.41	1124.05	5640	19
1808.35	2899.76	1171.88	5880	20
1845.26	2958.94	1195.80	6000	21
1660.73	2663.05	1076.22	5400	22
1605.38	2574.28	1040.34	5220	23
1513.11	2426.33	980.55	4920	24

*Datos expresados en MW

Teniendo las ofertas horarias, los costos de arranque, la demanda horaria por zona así como los tiempos mínimos de operación y paro (Tabla A.1 **apéndice A**) se realiza la asignación de unidades compilando el código mostrado en el **apéndice L**, mostrando el resultado en la Tabla 4.5 Y 4.6 donde se puede apreciar que los tiempos mínimos de operación y paro se respetan y al ser un sistema didáctico existen los cambios de estado en las unidades.

Por el otro lado existen tanto unidades que son consideradas para operar todo el día como unidades que no son consideradas en el mercado debido a sus ofertas de alto valor.

Tabla 4. 5 Resultado Asignación de Unidades.

MAQ/H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0

Tabla 4. 6 Resultado Asignación de Unidades (continuación).

MAQ/H	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
14	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
20	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
21	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
23	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
24	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1
27	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
29	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
30	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
33	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
36	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
37	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
40	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
44	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
45	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
46	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
47	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
48	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0
49	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
51	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
52	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
53	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0

4.4 Despacho económico.

Realizado el estudio correspondiente a la asignación de unidades, se deben de calcular los factores de penalización mediante el método de perturbaciones en la red, se puede realizar un ejemplo de ello con ayuda del programa PSS®E32-Siemens se obtuvieron los resultados de la Tabla 4.7.

Tabla 4. 7 Factores de penalización de pérdidas.

Bus No	Potencia Slack (MW)	Factor de Pérdidas	Factor Beta	Bus No	Potencia Slack (MW)	Factor de Pérdidas	Factor Beta	Bus No	Potencia Slack (MW)	Factor de Pérdidas	Factor Beta
1	95.95	0.04	0.96	41	96.525	0.035	0.965	81	99.788	0.002	0.998
2	96.18	0.04	0.96	42	97.129	0.029	0.971	82	98.028	0.020	0.980
3	96.55	0.03	0.97	43	95.940	0.041	0.959	83	97.252	0.027	0.973
4	97.75	0.02	0.98	44	95.557	0.044	0.956	84	94.882	0.051	0.949
5	97.91	0.02	0.98	45	96.426	0.036	0.964	85	96.399	0.036	0.964
6	97.25	0.03	0.97	46	96.907	0.031	0.969	86	93.001	0.070	0.930
7	97.20	0.03	0.97	47	98.011	0.020	0.980	87	90.567	0.094	0.906
8	98.12	0.02	0.98	48	97.551	0.024	0.976	88	96.184	0.038	0.962
9	97.89	0.02	0.98	49	99.120	0.009	0.991	89	96.857	0.031	0.969
10	97.64	0.02	0.98	50	97.034	0.030	0.970	90	95.722	0.043	0.957
11	97.46	0.03	0.97	51	96.846	0.032	0.968	91	95.173	0.048	0.952
12	97.46	0.03	0.97	52	95.989	0.040	0.960	92	97.186	0.028	0.972
13	96.08	0.04	0.96	53	96.576	0.034	0.966	93	96.675	0.033	0.967
14	96.26	0.04	0.96	54	98.391	0.016	0.984	94	97.877	0.021	0.979
15	97.86	0.02	0.98	55	98.186	0.018	0.982	95	97.610	0.024	0.976
16	96.56	0.03	0.97	56	98.387	0.016	0.984	96	98.434	0.016	0.984
17	98.34	0.02	0.98	57	96.421	0.036	0.964	97	98.385	0.016	0.984
18	97.66	0.02	0.98	58	96.551	0.034	0.966	98	97.821	0.022	0.978
19	97.70	0.02	0.98	59	99.183	0.008	0.992	99	97.379	0.026	0.974
20	96.28	0.04	0.96	60	99.244	0.008	0.992	100	97.827	0.022	0.978
21	95.87	0.04	0.96	61	99.431	0.006	0.994	101	96.387	0.036	0.964
22	96.04	0.04	0.96	62	99.115	0.009	0.991	102	96.576	0.034	0.966
23	97.78	0.02	0.98	63	99.403	0.006	0.994	103	96.587	0.034	0.966
24	97.59	0.02	0.98	64	99.557	0.004	0.996	104	96.037	0.040	0.960
25	97.95	0.02	0.98	65	99.824	0.002	0.998	105	95.971	0.040	0.960
26	98.13	0.02	0.98	66	99.651	0.003	0.997	106	95.527	0.045	0.955
27	96.88	0.03	0.97	67	98.380	0.016	0.984	107	93.438	0.066	0.934
28	95.96	0.04	0.96	68	99.966	0.000	1.000	108	94.423	0.056	0.944
29	96.01	0.04	0.96	69	99.798	0.002	0.998	109	94.129	0.059	0.941
30	98.62	0.01	0.99	70	98.306	0.017	0.983	110	94.215	0.058	0.942
31	96.52	0.03	0.97	71	97.577	0.024	0.976	111	92.150	0.079	0.921
32	97.14	0.03	0.97	72	95.860	0.041	0.959	112	91.771	0.082	0.918
33	96.59	0.03	0.97	73	96.730	0.033	0.967	113	97.559	0.024	0.976
34	98.57	0.01	0.99	74	97.517	0.025	0.975	114	96.503	0.035	0.965
35	98.14	0.02	0.98	75	98.174	0.018	0.982	115	96.471	0.035	0.965
36	98.13	0.02	0.98	76	95.040	0.050	0.950	116	96.676	0.033	0.967
37	98.76	0.01	0.99	77	99.208	0.008	0.992	117	94.260	0.057	0.943
38	99.02	0.01	0.99	78	98.992	0.010	0.990	118	100.000	0.000	1.000
39	97.08	0.03	0.97	79	98.877	0.011	0.989				
40	97.23	0.03	0.97	80	99.587	0.004	0.996				

Cabe resaltar que las pruebas fueron realizadas con 100 MW y tomando como nodo compensador la máquina con la oferta más alta aceptada en el mercado dentro de sus límites de operación, por cuestión de espacio no se reportan todos los decimales usados en el estudio.

Usando la distribución de carga del **apéndice A** se puede conocer la distribución nodal de la potencia horaria. Para este caso en particular se puede observar en el **apéndice E**, que todos los números son negativos es decir, que no se han contemplado los contratos bilaterales y la demanda completa es suministrada por el mercado eléctrico mayorista.

Teniendo los datos de los apéndices de este capítulo como base de datos del programa, se realizó el estudio de despacho económico compilando el código del **apéndice M** teniendo las generaciones de cada máquina en la Tabla 4.8. y 4.9, las cantidades son mostradas en [MW].

Se puede observar que existieron máquinas que fueron despachadas a su máxima potencia durante todo el estudio, esto debido a sus bajos costos ofertados.

De igual manera existieron máquinas con un despacho cerca de su mínima potencia de manera intermitente esto debido a que solo fueron contempladas para atender la demanda máxima del sistema.

El que se encuentren en demanda mínima no significa que sean aquellas las que marginen al sistema, este suceso es común en los mercados eléctricos, y a dichas máquinas se les suele pagar por la cantidad de recursos utilizados, debido a que es un requerimiento de confiabilidad del sistema [82].

Es importante mencionar que durante la simulación se registraron violaciones en la línea número 152, para las horas 2, 3, 8, y 14. Con un exceso no mayor de 5.1% de su límite, por lo que se decidió relajar la restricción para no provocar una diferencia de precios significativa y no afectar al programa de subastas. Dicho caso, se explica de mejor manera en el capítulo 5 “simulaciones de casos especiales”.

Los PML resultantes del despacho económico se muestran en el **apéndice F**. donde se puede observar que la componente de energía es la misma para todo el sistema en cada hora, esto debido a que pertenece a la máquina que margina el sistema, es decir que es aquella la que proporciona el MW adicional, esta predomina con respecto al componente de pérdidas y la de congestión.

La componente de pérdidas es de un bajo valor, esto debido a que la resistencia de las líneas de transmisión es casi despreciable.

Dada la explicación antes mencionada, no existe componente de congestión en ningún instante de tiempo.

Tabla 4. 8 Despacho económico caso base.

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	11.8	26.7	0.0	0.0	0.0
2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0
3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	0.0	0.0	0.0
4	163.6	218.2	163.6	150.0	150.0	218.2	245.5	300.0	300.0	300.0	300.0	163.6	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	165.7	300.0	150.0
5	300.0	136.4	100.0	100.0	100.0	218.2	245.5	300.0	228.0	272.7	300.0	163.6	300.0	109.1	281.8	245.5	272.7	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	163.6	136.4
6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	100.0	90.9	100.0	25.0	25.0	63.6	100.0	25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	63.6	63.6	100.0
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.2	0.0	0.0	0.0	8.2	5.0	0.0	0.0	0.0
10	190.9	218.2	190.9	100.0	100.0	100.0	300.0	190.9	245.5	300.0	190.9	272.7	109.1	141.9	300.0	300.0	300.0	272.7	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	218.2
11	350.0	350.0	350.0	190.9	286.4	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0	350.0
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	30.0	8.0	0.0	0.0
13	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	8.0	8.0	30.0	8.0	0.0	0.0
14	81.8	25.0	36.4	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	63.6	72.7	25.0	25.0	100.0	36.4	45.5	90.9	100.0	100.0	100.0	25.0	25.0	25.0
15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
16	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	25.0	100.0	100.0	72.7	100.0	72.7	90.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	54.5
17	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
18	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	25.0	100.0	25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
20	250.0	250.0	250.0	136.4	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
21	250.0	250.0	250.0	50.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0	250.0
22	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	25.0	25.0	25.0	63.6	85.7	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	25.0	54.5	0.0
23	100.0	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	25.0	100.0	96.4	72.7	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0
24	200.0	200.0	200.0	50.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
25	163.6	200.0	70.8	50.0	50.0	181.8	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	25.0	100.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	100.0	25.0
27	381.8	343.6	420.0	381.8	290.7	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	381.8	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0
28	267.3	345.3	420.0	190.9	381.8	420.0	420.0	387.2	420.0	420.0	381.8	420.0	305.5	381.8	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	420.0	381.8

Tabla 4. 9 Despacho económico caso base (continuación).

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
29	190.9	136.4	80.0	141.1	80.0	136.4	157.9	300.0	136.4	300.0	218.2	272.7	163.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	190.9	245.5
30	50.9	30.0	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0	0.0	30.0	80.0	80.0	30.0	30.0	50.9	80.0	43.6	30.0	58.2	80.0	80.0	80.0	30.0	30.0	65.5
31	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0	21.8	30.0	0.0	0.0	0.0
32	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.0	30.0	30.0	0.0	0.0	0.0
33	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
34	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	70.0	25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	63.6	100.0
35	25.0	100.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	25.0	100.0	25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	93.6	100.0	100.0	100.0	0.0	0.0
36	300.0	150.0	150.0	150.0	150.0	245.5	150.0	300.0	300.0	228.9	300.0	272.7	272.7	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
37	81.8	25.0	45.5	25.0	25.0	57.0	63.6	45.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	100.0	25.0	54.5	0.0
38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
39	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0
40	127.3	200.0	50.0	50.0	127.3	72.7	127.3	200.0	200.0	200.0	200.0	163.6	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0	200.0
41	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
42	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	300.0	300.0	218.7	218.2	190.9	245.5	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	218.2
44	190.9	300.0	245.5	100.0	100.0	100.0	100.0	300.0	272.7	300.0	272.7	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	265.7	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	266.6
45	211.2	190.9	100.0	136.4	100.0	100.0	300.0	218.2	300.0	218.2	272.7	218.2	190.9	136.4	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	300.0	245.5	174.1	300.0
46	8.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
47	72.7	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	25.0	25.0	72.7	100.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0
48	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	25.0	25.0	25.0	25.0	100.0	81.8	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	72.7	100.0	100.0	100.0	100.0	0.0
49	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
50	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
51	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	90.9	25.0	25.0	100.0	27.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
52	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	57.5	25.0	25.0	25.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0
53	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	54.5	25.0	54.5	100.0	100.0	25.0	25.0	36.4	100.0	100.0	25.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	25.0	72.7
54	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	50.0	25.0	0.0	0.0

4.5 Subastas de largo plazo.

Como se había mencionado anteriormente los productos asociados con las SLP son los certificados de energía limpia, la energía eléctrica acumulable y la potencia, las ofertas para realizar el estudio se muestran en las Tablas 4.10, 4.11, 4.12 y 4.13, los valores fueron perturbaciones de la primera subasta de largo plazo del 2015 [27] para la energía acumulable y los CEL mientras que los valores de la potencia fueron precios perturbados de la primera subasta de largo plazo del 2016 [27].

Tabla 4. 10 Oferta de compra SLP de potencia

Num. Oferta.	Cantidad (MW/año)	Precio máximo (\$M.N. POR MW/año)
1	46	1830840
2	56	1611840
3	60	1603080
4	59	1585560
5	40	1454160
6	52	1349040

Tabla 4. 11 Oferta de compra SLP CEL.

Num. Oferta.	Cantidad (MW/año)	Precio máximo (\$M.N. POR MW/año)
1	332546	448
2	343819	433
3	333312	411
4	314707	405
5	340540	395
6	323022	394

Tabla 4. 12 Oferta de compra SLP energía.

Num. Oferta.	Cantidad (MWh/año)	Precio máximo (\$M.N. POR MW/año)
1	332546	713
2	343819	717
3	333312	625
4	314707	677
5	340540	727
6	323022	625

Tabla 4. 13 Oferta de venta SLP

Num oferta	Zona	Generador	Potencia (MW/año)	Energía (MWh/año)	CEL	\$M.N.
1	2	6	41	210416	210416	279590216
2	1	31	31	151665	151665	205280241
3	3	49	29	222366	222366	307793478
4	1	53	43	246332	246332	357649816
5	3	51	46	190123	190123	269358385
6	1	32	26	291596	291596	377804604
7	2	26	37	245657	245657	312980715
8	2	20	56	281278	281278	348507660
9	2	29	53	276374	276374	406191006
10	3	38	45	299019	299019	402051579
11	2	35	51	218837	218837	326688710
12	1	4	27	251509	251509	284892690
13	2	15	43	171615	171615	282169302
14	3	42	60	235108	235108	382459264
15	1	12	59	223322	223322	320036246
16	3	40	55	172612	172612	248866420
17	1	13	38	187613	187613	244798727
18	3	45	42	233446	233446	286343660
19	1	10	36	167936	167936	214476224
20	2	16	27	294132	294132	362771160
21	3	47	39	254096	254096	358437304
22	1	2	55	155349	155349	255754278
23	2	28	59	267540	267540	350112828

El siguiente paso después de la recepción de ofertas es pronosticar los precios marginales locales para 15 años para ello se debe de realizar el promedio de los PML por zona y el promedio total del sistema como se muestran en la Tabla 4.14.

Tabla 4. 14 Promedio de los PML por hora por zona

Hora	Total (MW)	Zona 1 (MW)	Zona 2 (MW)	Zona 3 (MW)
1	940.6835229	941.6235929	935.9568106	946.9825759
2	1033.238436	1034.746581	1026.350785	1042.216972
3	914.4137746	916.8776143	909.7398957	918.4203621
4	803.7170102	806.1972405	800.459834	805.4038241
5	958.0811559	960.6626476	953.1840702	962.2791
6	888.0233669	889.4932619	882.568717	894.7348483
7	1033.587111	1034.853405	1027.182491	1042.133069
8	1097.44774	1098.763048	1092.63566	1103.3417
9	1044.103284	1046.167924	1039.519653	1048.541759
10	1213.48861	1214.129929	1210.751468	1216.995862
11	1097.438064	1100.641405	1093.049128	1099.911848
12	1019.004112	1024.802264	1016.409355	1014.812083
13	988.8106703	992.0972476	983.2802872	993.0138345
14	1062.622732	1063.847833	1055.807489	1071.893841
15	1150.934085	1153.347333	1143.633511	1159.271
16	1236.079729	1237.586714	1229.205915	1245.037517
17	1121.665108	1122.919667	1116.381553	1128.411166
18	1266.050737	1268.087571	1258.132489	1275.933862
19	1357.857924	1356.749595	1352.55034	1368.065034
20	1459.290407	1458.067	1453.60417	1470.277862
21	1777.909441	1776.411119	1771.503468	1790.461517
22	1114.002295	1116.998381	1106.889915	1121.190097
23	1028.230881	1031.740555	1024.068849	1029.893269
24	1085.784944	1089.615167	1080.44183	1088.897255

El pronóstico se realiza con factores de ajuste mostrados en las tablas 4.15, 4.16 y 4.17, pretendiendo que el incremento de los PML sea proporcional al incremento de la demanda.

Los factores se encuentran normalizados al día de obtención de los PML es decir al día de los costos del combustible “**Apéndice C**”

Tabla 4. 15 Factores de ajuste diarios. [27]

Día	Demanda (MW)	Factor
Lunes	551977.677	1.000
Martes	551576.653	0.999
Miércoles	547492.2	0.992
Jueves	510491.214	0.925
Viernes	450132.018	0.815
Sábado	521662.197	0.945
Domingo	540770.532	0.980

Tabla 4. 16 Factores de ajuste semanales [27]

Semana	Demanda (MW)	Factor	Semana	Demanda (MW)	Factor
1	30531	0.7794	27	36770	0.9387
2	33225	0.8482	28	37324	0.9528
3	33517	0.8556	29	40385	1.0309
4	33344	0.8512	30	38049	0.9713
5	32664	0.8338	31	38971	0.9948
6	32902	0.8399	32	39810	1.0163
7	33105	0.8451	33	39840	1.0170
8	33118	0.8454	34	39524	1.0090
9	34070	0.8697	35	39033	0.9964
10	34109	0.8707	36	38774	0.9898
11	33269	0.8493	37	39045	0.9967
12	33215	0.8479	38	37583	0.9594
13	34083	0.8701	39	37228	0.9503
14	33408	0.8528	40	37339	0.9532
15	35305	0.9013	41	36335	0.9276
16	35461	0.9052	42	37760	0.9639
17	36695	0.9367	43	35744	0.9125
18	36389	0.9289	44	35260	0.9001
19	37158	0.9486	45	35135	0.8969
20	39002	0.9956	46	35310	0.9014
21	37909	0.9677	47	34662	0.8848
22	37702	0.9624	48	34228	0.8738
23	38085	0.9722	49	34159	0.8720
24	39173	1.0000	50	34064	0.8696
25	40693	1.0388	51	34645	0.8844
26	37741	0.9634	52	32765	0.8364

Tabla 4. 17 Factor de ajuste anual

Año	Factor	Año	Factor
2015	0.99728571	2023	1.019
2016	1	2024	1.02171429
2017	1.00271429	2025	1.02442857
2018	1.00542857	2026	1.02714286
2019	1.00814286	2027	1.02985714
2020	1.01085714	2028	1.03257143
2021	1.01357143	2029	1.03528571
2022	1.01628571		

Otro factor en el pronóstico de los PML es el precio del combustible por lo que la prospectiva del sector eléctrico pronostica un incremento para los próximos 15 años de una tasa medio de 2.9% anual luego entonces se tiene la tabla 4.18

Tabla 4. 18 Factor de ajuste anual por combustible

Año	Factor	Año	Factor
2015	0.971	2023	1.203
2016	1	2024	1.232
2017	1.029	2025	1.261
2018	1.058	2026	1.29
2019	1.087	2027	1.319
2020	1.116	2028	1.348
2021	1.145	2029	1.377
2022	1.174		

Luego entonces usando las fórmulas de 3.39 a 3.42 los precios de las ofertas de venta originales y usando una tasa de descuento social de 12% [124] el ajuste de los precios para el algoritmo se muestra en la tabla 4.19

Tabla 4. 19 Precios de las ofertas de venta ajustados.

Num oferta	Zona	Precio Ajustado (M.N.)
1	2	280709326.6
2	1	205005681.1
3	3	306459745
4	1	357203880
5	3	268218042.9
6	1	377276726.3
7	2	314287257
8	2	350003654.5
9	2	407660918.3
10	3	400258087.6
11	2	327852608.2
12	1	284437382
13	2	283082047.1
14	3	381049105.5
15	1	319631965.1
16	3	247831107.4
17	1	244459090.3
18	3	284943470.1
19	1	214172208.6
20	2	364335519.3
21	3	356913257.1
22	1	255473048.9
23	2	351535756.1

Al ejecutar el programa del **apéndice N**, el archivo de salida concluyo la Tabla 4.20

Tabla 4. 20 "Resultados del programa"

Licitantes	0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1		
Excedente económico	261992100		15.11%
Ofertas de compra	Potencia	CEL	Energía
1	46	332546	332546
2	56	343819	343819
3	60	42709	333312
4	59	314707	314707
5	40	340540	49937
6	14	0	0

El algoritmo muestra el mayor excedente económico obtenido debido a las combinaciones de paquetes realizadas, así como la maximización de los productos de las ofertas de compra aceptadas, sin embargo los valores no reflejan las transacciones de productos, es decir que el resultado del modelo es propiamente las ofertas de venta aceptadas (8, 12, 16, 18, 19 y 23).

El porcentaje del excedente económico es mayor a 8% por lo que no es necesario realizar una segunda iteración [122].

La asignación de los contratos se realiza por medio de la jerarquía CELS, Potencia, energía, suponiendo que las ERC fuesen suministradores de servicios básicos [40] obteniendo los resultados en las Tablas 4.21, 4.22, 4.23, 4.24, 4.25, y 4.26.

Tabla 4. 21 Asignación de contratos SLP licitante 1

Licitante 1				
ERC	Potencia (MW)	Energía (MWh)	CEL (MW)	PRECIO (M.N.)
1	9.367747414	47052.52245	47052.52245	58298780.9
2	9.685305335	48647.55918	48647.55918	60275055.34
3	9.389325465	47160.90514	47160.90514	58433068.69
4	8.865226721	44528.45075	44528.45075	55171418.22
5	9.592936629	48183.60766	48183.60766	59700212.45
6	9.099458436	45704.95482	45704.95482	56629124.41

Tabla 4. 22 Asignación de contratos SLP licitante 2

Licitante 2				
ERC	Potencia (MW)	Energía (MWh)	CEL (MW)	PRECIO (M.N.)
1	4.516592503	42072.72829	42072.72829	47657192.14
2	4.669700787	43498.95464	43498.95464	49272726.61
3	4.526996206	42169.64033	42169.64033	47766967.66
4	4.274305741	39815.79121	39815.79121	45100683.72
5	4.625165875	43084.10533	43084.10533	48802812.88
6	4.387238889	40867.78021	40867.78021	46292306.99

Tabla 4. 23 Asignación de contratos SLP licitante 3

Licitante 3				
ERC	Potencia (MW)	Energía (MWh)	CEL (MW)	PRECIO (M.N.)
1	9.20046621	28874.74315	28874.74315	41630674.33
2	9.512353454	29853.57008	29853.57008	43041915.45
3	9.221658938	28941.25441	28941.25441	41726568.12
4	8.706919101	27325.79491	27325.79491	39397450.65
5	9.421634189	29568.85674	29568.85674	42631424.93
6	8.936968107	28047.78071	28047.78071	40438386.52

Tabla 4. 24 Asignación de contratos SLP licitante 4

Licitante 4				
ERC	Potencia (MW)	Energía (MWh)	CEL (MW)	PRECIO (M.N.)
1	7.02581056	39051.12791	39051.12791	47899912.15
2	7.263979001	40374.92481	40374.92481	49523674.61
3	7.041994098	39141.07986	39141.07986	48010246.76
4	6.648920041	36956.28066	36956.28066	45330383.32
5	7.194702472	39989.86936	39989.86936	49051367.58
6	6.824593827	37932.71739	37932.71739	46528075.58

Tabla 4. 25 Asignación de contratos SLP licitante 5

Licitante 5				
ERC	Potencia (MW)	Energía (MWh)	CEL (MW)	PRECIO (M.N.)
1	6.022123337	28092.53624	28092.53624	35877840.94
2	6.226267716	29044.84709	29044.84709	37094066.37
3	6.035994942	28157.24574	28157.24574	35960483.42
4	5.699074321	26585.54848	26585.54848	33953220.57
5	6.166887833	28767.84653	28767.84653	36740300.45
6	5.849651852	27287.97593	27287.97593	34850312.25

Tabla 4. 26 Asignación de contratos SLP licitante 6

Licitante 6				
ERC	Potencia (MW)	Energía (MWh)	CEL (MW)	PRECIO (M.N.)
1	9.869591025	44754.41327	44754.41327	58567295.34
2	10.20416098	46271.54624	46271.54624	60552672.16
3	9.892325043	44857.50241	44857.50241	58702201.63
4	9.340149582	42353.62066	42353.62066	55425528.54
5	10.10684395	45830.25475	45830.25475	59975181.64
6	9.586929424	43472.66268	43472.66268	56889948.68

Se puede observar que la potencia adquirida por las ofertas de compra es pequeña debido a que el principal propósito de las SLP es la adquisición de CEL.

Por otro lado se observa que la energía y los CEL son mayormente de la misma magnitud, es decir que los productos se encuentran ligados.

4.6 Subastas de mediano plazo.

Las subastas de mediano plazo tienen el propósito como anteriormente se había explicado de satisfacer los costos fijos de los generadores, y tener estabilidad para las ERC ante la volatilidad del MEM.

Cabe mencionar que el algoritmo fue reducido a un día de operación para poderse incorporar de manera instantánea a las ofertas y datos de la red, sin embargo para ser considerado a tres años solo es necesario realizar la interpolación de las cantidades, debido a que el modelo es lineal, es decir que la solución existe y es única, de manera sintetizada, la solución es igual. Antes de generar las ofertas, las bases del mercado para esta sección indican que existe un protocolo para identificar la demanda base, media y punta del sistema [42], sin embargo al conocer con certeza el comportamiento del sistema de prueba se pueden generar dichas cantidades al observar la curva de comportamiento de la demanda en la Figura. 4.3.



Figura. 4. 2 Comportamiento de la demanda diaria.

De manera que se propone que la potencia base será igual a 2000MW o menos, la demanda media con un rango de 2000 MW a 3000 MW y una demanda pico por encima de los 3000 MW. Como se muestra en la Figura. 4.4

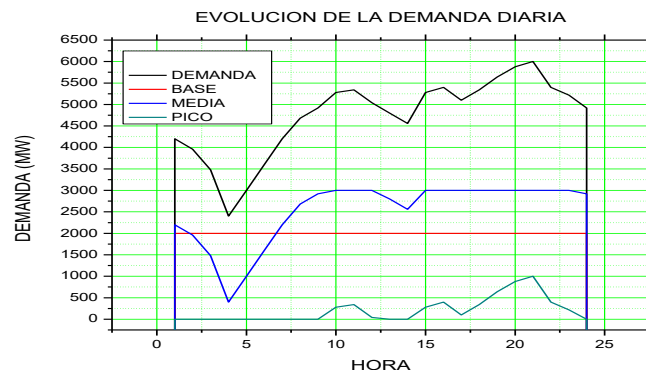


Figura. 4. 3 Identificación de la demanda base, media y pico

Teniendo dichas consideraciones, se puede obtener la Tabla 4.27

Tabla 4. 27 Demanda horaria por tipo

Hora	Demanda total (MW)	Demanda base (MW)	Demanda media (MW)	Demanda pico (MW)
1	4200	2000	2200	0
2	3960	2000	1960	0
3	3480	2000	1480	0
4	2400	2000	400	0
5	3000	2000	1000	0
6	3600	2000	1600	0
7	4200	2000	2200	0
8	4680	2000	2680	0
9	4920	2000	2920	0
10	5280	2000	3000	280
11	5340	2000	3000	340
12	5040	2000	3000	40
13	4800	2000	2800	0
14	4560	2000	2560	0
15	5280	2000	3000	280
16	5400	2000	3000	400
17	5100	2000	3000	100
18	5340	2000	3000	340
19	5640	2000	3000	640
20	5880	2000	3000	880
21	6000	2000	3000	1000
22	5400	2000	3000	400
23	5220	2000	3000	220
24	4920	2000	2920	0
Total	113640	48000	60720	4920

Las ofertas de compra se basan en los precios por unidad de energía que se desea adquirir en demanda base, media, pico, y la potencia, de manera que con la Tabla E.1 del **apéndice E** se puede obtener el total de la demanda que se consume en el día para las tres ERC que se seleccionaron aleatoriamente, y posteriormente se realiza una interpolación de esta cantidad para los distintos escenarios generando la Tabla 4.28; se propone que las ERC deseen adquirir el 70%, 50% y 30% de la demanda para los tres escenarios.

Tabla 4. 28 Tipo de demanda total por parte de las ERC dentro de la SMP

Nodo	100%	Base (MW/día)	Media (MW/día)	Punta (MW/día)
		70%	50%	30%
16	807.9156	565.54	403.96	242.37
48	608.8822	426.22	304.44	182.66
84	334.8852	234.42	167.44	100.47

Nuevamente se necesita realizar una segunda interpolación para obtener la cantidad final que se desea adquirir de los bloques de cada escenario, es decir que la primera interpolación indica la cantidad de energía que se desea cubrir dado el consumo de la ERC, y la segunda interpolación indica la cantidad de energía que representa dada el total por cada tipo de demanda del sistema (punta, media y base); por lo anterior con la ayuda de las Tablas 4.27 y 4.28 se genera la Tabla 4.29.

Tabla 4. 29 Total de la energía ofertada por ERC por tipo de demanda.

Nodo	Base (MW/día)		Media (MW/día)		Punta (MW/día)	
	70%		50%		30%	
16	113640	→ 565.540940	113640	→ 403.9578	113640	→ 242.3747
	48000	→ 238.876849	60720	→ 215.8423	4920	→ 10.49352
48	113640	→ 426.217563	113640	→ 304.4411	113640	→ 182.6647
	48000	→ 180.028537	60720	→ 162.6686	4920	→ 7.908396
84	113640	→ 234.41966	113640	→ 167.4426	113640	→ 100.4656
	48000	→ 99.0156958	60720	→ 89.46775	4920	→ 4.349618

Las bases del mercado indican que de igual manera se debe comercializar la potencia con la ayuda de una curva segmentada por pares, precio - cantidad [42], para ello se propuso que la potencia se trasladara a energía, es decir MW/día para ser incorporada al MEM de forma inmediata. Cabe mencionar que para los precios se utilizaron números aleatorios.

Por otro lado las ofertas de venta basan su oferta procurando obtener los suficientes ingresos para poder cubrir sus costos fijos, es decir mayormente su costo a potencia mínima y su costo de arranque, teniendo esos datos en las ofertas marginales, en el anexo 4.B. los costos del combustible en el anexo 4C. Los costos de arranque en la Tabla 4.3 y el precio del dólar [123], se puede generar la tabla de los costos marginales de operación de una central en un día en la Tabla 4.30.

Tabla 4. 30 Ofertas de compra SMP

Nodo	16	Curva de potencia.	
Base (MW)	Precio p.u. (M.N)	Precio p.u. (M.N)	Potencia/día (MW)
238.8768493	1526	12	991.46845
Media (MW)	Precio p.u. (M.N)	12	998.54405
215.842296	1500	12	1085.22015
Punta (MW)	Precio p.u. (M.N)	12	1170.12735
10.49351874	1542	12	1476.14705
Nodo	48	Curva de potencia.	
Base (MW)	Precio p.u. (M.N)	Precio p.u. (M.N)	Potencia/día (MW)
180.0285379	1478	12	1035.192923
Media (MW)	Precio p.u. (M.N)	12	1056.000821
162.6686432	1680	12	1197.94041
Punta (MW)	Precio p.u. (M.N)	12	1239.556206
7.908396488	1875	12	1249.960155
Nodo	84	Curva de potencia.	
Base (MW)	Precio p.u. (M.N)	Precio p.u. (M.N)	Potencia/día (MW)
99.01569586	1689	12	1061.34
Media (MW)	Precio p.u. (M.N)	12	1063.99335
89.46775376	1756	12	1151.5539
Punta (MW)	Precio p.u. (M.N)	12	1180.74075
4.349618068	1456	12	1239.9989

Tabla 4. 31 Costos reales de la operación de las centrales ofertantes

Central	3		
Potencia máxima (MW/día)3	720	Costo de arranque (M.N)	Costo total (M.N)
Potencia mínima (MW/día)	120	1757.61495	904163.2501
Costo (M.N.)	902405.6351		
Central	8		
Potencia máxima (MW/día)3	720	Costo de arranque (M.N)	Costo total (M.N)
Potencia mínima (MW/día)	120	1757.61495	904163.2501
Costo (M.N.)	902405.6351		
Central	15		
Potencia máxima (MW/día)3	720	Costo de arranque (M.N)	Costo total (M.N)
Potencia mínima (MW/día)	192	1757.61495	904163.2501
Costo (M.N.)	902405.6351		
Central	18		
Potencia máxima (MW/día)3	720	Costo de arranque (M.N)	Costo total (M.N)
Potencia mínima (MW/día)	192	1757.61495	904163.2501
Costo (M.N.)	902405.6351		
Central	46		
Potencia máxima (MW/día)3	480	Costo de arranque (M.N)	Costo total (M.N)
Potencia mínima (MW/día)	192	1318.211213	809419.6106
Costo (M.N.)	808101.3994		
Central	49		
Potencia máxima (MW/día)3	480	Costo de arranque (M.N)	Costo total (M.N)
Potencia mínima (MW/día)	192	1318.211213	809419.6106
Costo (M.N.)	808101.3994		

Teniendo como sustento la Tabla 4.31 se puede obtener el costo por unidad, y de igual manera se puede aproximar una oferta de venta de los generadores, se debe de recordar que esta acción es un proceso estratégico propio de la central, por lo que los precios de las ofertas se realizaron con números aleatorios reclutando en la tabla 4.31

Tabla 4. 32 Ofertas de venta de la SMP

Central 3 Potencia/día destinada (MW)	Costo fijo p.u. (M.N) 1255.78 400	Costo p.u. en Demanda pico (M.N) 1469.27 100	Costo p.u. en Demanda media (M.N) 1318.57 100	Costo p.u. en Demanda base (M.N) 1130.20 120
Central 8 Potencia/día destinada (MW)	Costo fijo p.u. (M.N) 1255.78 400	Costo p.u. en Demanda pico (M.N) 1406.48 100	Costo p.u. en Demanda media (M.N) 1331.13 100	Costo p.u. en Demanda base (M.N) 1192.99 120
Central 15 Potencia/día destinada (MW)	Costo fijo p.u. (M.N) 1255.78 328	Costo p.u. en Demanda pico (M.N) 1393.92 100	Costo p.u. en Demanda media (M.N) 1343.69 100	Costo p.u. en Demanda base (M.N) 1180.44 192
Central 18 Potencia/día destinada (MW)	Costo fijo p.u. (M.N) 1255.78 328	Costo p.u. en Demanda pico (M.N) 1381.36 100	Costo p.u. en Demanda media (M.N) 1280.90 100	Costo p.u. en Demanda base (M.N) 1130.20 192
Central 46 Potencia/día destinada (MW)	Costo fijo p.u. (M.N) 1686.29 208	Costo p.u. en Demanda pico (M.N) 1854.92 30	Costo p.u. en Demanda media (M.N) 1787.47 50	Costo p.u. en Demanda base (M.N) 1517.66 192
Central 49 Potencia/día destinada (MW)	Costo fijo p.u. (M.N) 1686.29 208	Costo p.u. en Demanda pico (M.N) 1871.78 30	Costo p.u. en Demanda media (M.N) 1804.33 50	Costo p.u. en Demanda base (M.N) 1534.52 192

A diferencia de las SLP las SMP no necesitan la predicción de datos, ni existen precios de paquetes, de manera que los datos son ingresados al programa de optimización tal cual son recibidas las ofertas.

Al compilar el programa del **apéndice Ñ** los resultados son mostrados en las Tablas 4.33, 4.34, 4.35 y 4.36.

Tabla 4. 33 Resultado SMP Potencia

Curva de potencia.				
Ofertas de compra			Ofertas de venta	
Nodo			Central	Potencia/día (MW)
16	48	84	3	0
Potencia/día (MW)			8	0
0	0	0	15	0
0	0	0	18	48
0	12	0	46	0
12	12	12	49	0
Precio de cierre (M.N.)			1200.782	

Tabla 4. 34 Resultado SMP demanda pico

Demanda pico (MW/día)				
Ofertas de compra			Ofertas de venta	
Potencia/día (MW)			Central	Potencia/día (MW)
Nodo	16	10.49352	3	0
	48	7.908397	8	0
	84	4.349618	15	0
			18	22.75153
			46	0
			49	0
Precio de cierre (M.N.)			1381.36	

Tabla 4. 35 Resultado SMP demanda media

Demanda media (MW/día)				
Ofertas de compra			Ofertas de venta	
Nodo	Potencia/día (MW)		Central	Potencia/día (MW)
16	147.8636		3	100
48	162.6686		8	100
84	89.46775		15	100
			18	100
			46	0
			49	0
Precio de cierre (M.N.)			1500	

Tabla 4. 36 Resultado SMP demanda base

Demanda base (MW/día)			
Ofertas de compra		Ofertas de venta	
Nodo	Potencia/día (MW)	Central	Potencia/día (MW)
16	238.8768	3	120
48	180.0285	8	13.92107
84	99.01569	15	192
		18	192
		46	0
		49	0
Precio de cierre (M.N.)		1192.993	

En cuanto la asignación de contratos se realiza a partir de las cantidades obtenidas en el programa, mientras que las SLP solo necesita el excedente económico para seleccionar a los licitantes, estos tipos de subastas, generan sus contratos tal y como se obtuvo después de haber conseguido el resultado óptimo, a continuación en las Tablas 4.37, 4.38, 4.39 y 4.40 se pueden observar dichos contratos.

Tabla 4. 37 Asignación de contratos central 3

Central 3	Nodo 16	Nodo 48	Nodo 84	Precio (M.N.)
Potencia/día (MW)	0.00	0.00	0.00	1200.78
Demanda pico (MW/día)	0.00	0.00	0.00	1381.36
Demanda media (MW/día)	36.97	36.97	36.97	1500.00
Demanda base (MW/día)	55.35	41.71	22.94	1192.99

Tabla 4. 38 Asignación de contratos central 8

Central 8	Nodo 16	Nodo 48	Nodo 84	Precio (M.N.)
Potencia/día (MW)	0.00	0.00	0.00	1200.78
Demanda pico (MW/día)	0.00	0.00	0.00	1381.36
Demanda media (MW/día)	36.97	36.97	36.97	1500.00
Demanda base (MW/día)	6.42	4.84	2.66	1192.99

Tabla 4. 39 Asignación de contratos central 15

Central 15	Nodo 16	Nodo 48	Nodo 84	Precio (M.N.)
Potencia/día (MW)	0.00	0.00	0.00	1200.78
Demanda pico (MW/día)	0.00	0.00	0.00	1381.36
Demanda media (MW/día)	36.97	36.97	36.97	1500.00
Demanda base (MW/día)	88.55	66.74	36.71	1192.99

Tabla 4. 40 Asignación de contratos central 18

Central 18	Nodo 16	Nodo 48	Nodo 84	Precio (M.N.)
Potencia/día (MW)	12.00	24.00	12.00	1200.78
Demanda pico (MW/día)	10.49	7.91	4.35	1381.36
Demanda media (MW/día)	36.97	36.97	36.97	1500.00
Demanda base (MW/día)	88.55	66.74	36.71	1192.99

CAPÍTULO 5 MONITOREO DEL MERCADO ELÉCTRICO MAYORISTA.

“Failure is simply the opportunity to begin again, this time more intelligently.” – Henry Ford

5.1 Introducción.

La esencia para realizar un monitoreo del mercado eléctrico es un efectivo análisis del mismo, esto incluye la identificación de las prácticas que se realizan dentro de él, el estado de la red, la estructura de las ofertas de la demanda y generación, y las transacciones de energía [96].

Existen distintas ramas de carácter específico para el monitoreo del mercado, el propósito de este capítulo es el de mostrar la influencia de distintas prácticas y factores en la operación del mismo, para ilustrarlo se realizaron diferentes escenarios, donde se puede observar con facilidad la relación entre los precios y estos eventos.

5.2 Caso de estudio 1 - PML negativo en nodo de generación.

Durante la simulación del capítulo 4 específicamente en la operación del mercado eléctrico mayorista se presentó un comportamiento eventual en las horas 2, 3, 8 y 14 en donde se desplegó un precio marginal negativo en el nodo 99 es decir la maquina 44, esto debido a la congestión de la línea de transmisión número 152 que se encuentra conectada entre los nodos 99 y 100 como se muestra en la Figura. 5.1.

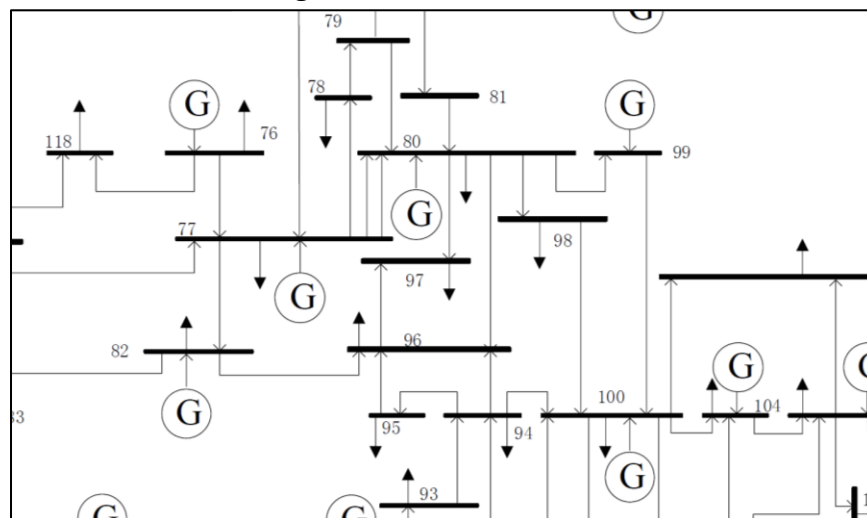


Figura. 5. 1 Acercamiento del elemento con congestión caso 1

Después de aliviar la congestión de dicho elemento, en la hora 2 (tomada como referencia del caso de estudio) el despacho y los PML mayormente afectados se observan en las Tablas 5.1 y 5.2

Tabla 5. 1 Despacho de las maquinas caso 1.

Maquina	(MW)	Maquina	(MW)	Maquina	(MW)	Maquina	(MW)	Maquina	(MW)	Maquina	(MW)
1	0	11	350	21	250	31	0	41	0	51	0
2	0	12	0	22	0	32	0	42	0	52	72.73
3	0	13	0	23	25	33	0	43	0	53	0
4	214.45	14	25	24	199.71	34	0	44	300.00	54	0
5	109.09	15	0	25	200	35	100	45	245.45		
6	0	16	0	26	0	36	150	46	0		
7	0	17	0	27	305.45	37	25	47	25		
8	0	18	0	28	343.64	38	0	48	0		
9	0	19	0	29	109.09	39	300	49	0		
10	218.18	20	250	30	30	40	200	50	0		

Tabla 5. 2 PML caso de estudio 1.

Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML
79	1009.552	11.33626	661.4587	1682.347	99	1009.552	-26.46137	-81992.71	-81009.62
80	1009.552	-4.171469	-898.3596	107.021	100	1009.552	-21.93554	34893.26	35880.88
81	1009.552	2.136212	-317.2483	694.4399	101	1009.552	36.47612	30429.43	31475.46
82	1009.552	19.90534	10814.52	11843.98	102	1009.552	34.57211	26467.91	27512.04
83	1009.552	27.74653	12892.99	13930.29	103	1009.552	34.46005	34893.29	35937.3
84	1009.552	51.6719	16112.75	17173.97	104	1009.552	40.01157	34893.26	35942.82
85	1009.552	36.35801	17676.27	18722.18	105	1009.552	40.67889	34893.27	35943.5
86	1009.552	70.65552	17676.29	18756.49	106	1009.552	45.15827	34893.29	35948
87	1009.552	-95.22801	17676.27	18590.6	107	1009.552	66.24883	34893.16	35968.96
88	1009.552	38.52148	20566.91	21614.98	108	1009.552	56.30777	34893.3	35959.16
89	1009.552	-31.73527	22584.69	23562.5	109	1009.552	59.2708	34893.3	35962.13
90	1009.552	43.18762	23034.62	24087.36	110	1009.552	58.40561	34893.27	35961.23
91	1009.552	48.73511	23612.08	24670.37	111	1009.552	79.25185	34893.27	35982.08
92	1009.552	28.41283	24490.69	25528.65	112	1009.552	-83.07401	34893.26	35819.73
93	1009.552	33.56659	23900.36	24943.48	113	1009.552	24.63913	231.953	1266.144
94	1009.552	21.42875	23390.79	24421.77	114	1009.552	35.30302	277.0712	1321.926
95	1009.552	24.12728	19064.02	20097.7	115	1009.552	35.62406	276.9416	1322.118
96	1009.552	15.8116	13610.65	14636.02	116	1009.552	33.56054	965.0076	2008.12
97	1009.552	16.30729	6551.528	7577.387	117	1009.552	57.94728	218.1035	1285.603
98	1009.552	21.9941	12570.3	13601.85	118	1009.552	18.87963	177.6808	1206.112

La tabla completa se puede observar en el **apéndice G**.

Si se observan los PML de los nodos entre los cuales se encuentra conectada la línea de transmisión, se puede deducir la dirección del flujo que pasa a través de ella como se observa en la Figura. 5.2.

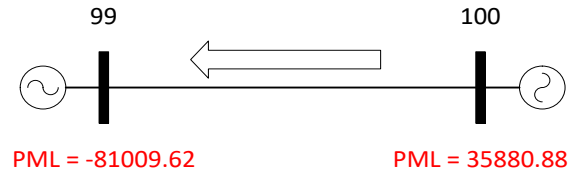


Figura. 5. 2 Relación de los PML con el flujo de potencia en nodos de generación.

Claramente se puede observar que la dirección del flujo de energía es del nodo de mayor precio al nodo de menor precio, esto debido a que específicamente al ser esta línea de transmisión la que estuvo congestionada, los factores de sensibilidad del elemento con respecto al cambio de inyección de potencia de los nodos entre los que se encuentra conectada, serán de signo opuesto y al ser multiplicados por la variable dual de la restricción del límite de potencia que soporta el elemento, resultará en un nodo relativamente alto con respecto al nodo de menor precio.

Si se enfoca el concepto económico a nodos de carga, se obtiene la Figura. 5.3.

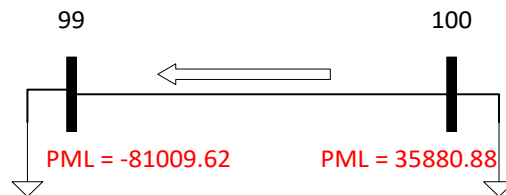


Figura. 5. 3 Relación de los PML con el flujo de potencia en nodos de carga.

Al consumir más energía en el nodo 99 se genera un flujo opuesto al de la línea, bajando de esta manera el flujo real de este elemento, es decir que ayuda a aliviar la congestión, por ello la comercialización en aquel nodo es de un costo menor. Por el otro lado, cuando la demanda se incrementa en el nodo 100, la energía deberá provenir de los demás elementos de la red, debido a que, por la restricción del límite de potencia de la línea es imposible que fluya energía de menor costo a través de ella, incrementando el costo de generación con mayor magnitud en comparación a un nodo en el cual no influya la congestión, comercializándose la energía en aquel nodo con un costo mayor.

Si se combinan ambos conceptos se puede realizar un acercamiento a los nodos 80, 98, 99 y 100, como se muestra en la Figura. 5.4.

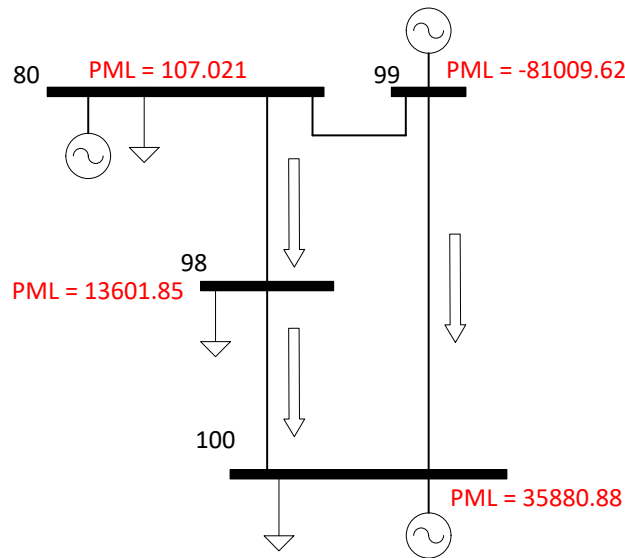


Figura. 5. 4 Comportamiento de los PML en distintos elementos

Se puede observar que los conceptos anteriormente señalados, están relacionados con los flujos de potencia real, esto debido al comportamiento de los factores de sensibilidad que los relaciona. Si se centra la atención en el nodo 80, se puede observar que a pesar de tener conectada generación y carga, el PML indica que la extracción de energía en aquel nodo, es mejor recibida por el sistema que la inyección, caso contrario del nodo 100.

Como se observa en la tabla 5.2 los nodos mayormente afectados debido a la componente de congestión, por el alivio de la línea de transmisión, son los nodos de la zona 3, puesto que son aquellos cuyos factores de sensibilidad con respecto este elemento predominan en comparación a los de los nodos en las demás zonas del sistema, de igual manera si se observa la Figura. A.1 del **apéndice A**. el elemento entre los nodos 99 y 100 está declarado como línea de enlace, consecuentemente, los nodos presentan un costo alto. Para evitar la liquidación con precios tan altos, las bases del mercado indican que para la primera etapa del mercado el precio tope se fijará en el costo de producción de la unidad de central eléctrica de mayor precio en el sistema interconectado correspondiente [83], para ello se utilizará la Tabla .D.1 en la hora 2, cuya oferta más alta se encuentra en **2,331.14 M.N.** por MW, por el otro lado el precio piso no se encuentra declarado en las bases, sin embargo se propone utilizar el mismo pero con signo contrario, de esta manera se tiene un ajuste en la componente de congestión como se observa en la Tabla 5.3.

Tabla 5. 3 PML ajustados al precio tope y piso

Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML
77	1009.552	-8.0007	1329.5887	2331.14
83	1009.552	27.74653	1293.84147	2331.14
84	1009.552	51.6719	1269.9161	2331.14
85	1009.552	36.35801	1285.22999	2331.14
86	1009.552	70.65552	1250.93248	2331.14
87	1009.552	-95.22801	1416.81601	2331.14
88	1009.552	38.52148	1283.06652	2331.14
89	1009.552	-31.73527	1353.32327	2331.14
90	1009.552	43.18762	1278.40038	2331.14
91	1009.552	48.73511	1272.85289	2331.14
92	1009.552	28.41283	1293.17517	2331.14
93	1009.552	33.56659	1288.02141	2331.14
94	1009.552	21.42875	1300.15925	2331.14
95	1009.552	24.12728	1297.46072	2331.14
96	1009.552	15.8116	1305.7764	2331.14
97	1009.552	16.30729	1305.28071	2331.14
98	1009.552	21.9941	1299.5939	2331.14
99	1009.552	-26.46137	-3314.23063	-2331.14
100	1009.552	-21.93554	1343.52354	2331.14
101	1009.552	36.47612	1285.11188	2331.14
102	1009.552	34.57211	1287.01589	2331.14
103	1009.552	34.46005	1287.12795	2331.14
104	1009.552	40.01157	1281.57643	2331.14
105	1009.552	40.67889	1280.90911	2331.14
106	1009.552	45.15827	1276.42973	2331.14
107	1009.552	66.24883	1255.33917	2331.14
108	1009.552	56.30777	1265.28023	2331.14
109	1009.552	59.2708	1262.3172	2331.14
110	1009.552	58.40561	1263.18239	2331.14
111	1009.552	79.25185	1242.33615	2331.14
112	1009.552	-83.07401	1404.66201	2331.14

Según el manual de subastas de largo plazo la máquina en el nodo 99 deberá pagar al CENACE por inyectar energía en su nodo de conexión, en otras palabras mantendrán la responsabilidad financiera de la misma [40], esto debido a que es la responsable en mayor magnitud de congestionar el elemento de transmisión, por lo cual se tiene un costo de producción mayor, este tipo de casos surgen en mayor proporción a las máquinas que cubren energía por un contrato de una subasta ya que pudieran no estar contempladas en el mercado de corto plazo.

5.3 Caso de estudio 2 - PML negativo en nodo de carga - generación.

Durante la simulación del mercado eléctrico mayorista del capítulo 4 no se presentó ningún PML negativo en ningún nodo de carga – generación, por lo que se redujo el límite de potencia del elemento 152, en la hora dos, a un 85% con respecto el original, para de esta forma generar un PML negativo en el nodo 80 como se puede observar en la Figura. 5.1.

En los mercados eléctricos, el nodo de carga al que se le atribuye un PML negativo, recibe un pago por consumir energía en dicho nodo, esto debido a que ayuda a aliviar la congestión, sin embargo en el mercado eléctrico mexicano no se ha entregado ninguna definición, que indique esta condición en un nodo de carga, sin embargo se presenta esta condición en este trabajo con fines académicos.

Al servir un MW adicional de carga en el nodo con PML negativo reducirá el costo de producción. Más flujo hacia las cargas de aquellos buses, genera flujos contrarios que tienden a mitigar la congestión del elemento [125].

Con el fin de comprobar este análisis se realizaron simulaciones del despacho económico incrementando la carga del nodo 80 de manera proporcional como se muestra en la Tabla 5.4.

Tabla 5. 4 Resultados simulación caso 2

Simulación	Nodo	Energía (M.N.)	Pérdidas (M.N.)	Congestión (M.N.)	PML (M.N.)	Carga nodo 80 (MW)	Costo de generación (M.N.)
1	80	1305.888	-5.395928	-8539.94	-7239.5	137.9	3362256
2	80	1389.704	-5.742255	-12755.00	-11371.0	140	3348362
3	80	1305.888	-5.395928	-11334.79	-10034.3	145	3333022
4	80	1180.164	-4.876437	-6826.54	-5651.3	150	3279994
5	80	1222.072	-5.049601	-8567.11	-7350.1	155	3297941
6	80	1190.276	-4.91822	-4198.44	-3013.1	160	3254870
7	80	1191.61	-4.923734	-3974.32	-2787.6	165	3248724
8	80	1191.61	-4.923734	-3974.33	-2787.6	170	3248906
9	80	1162.777	-4.804596	-4023.37	-2865.4	175	3245006
10	80	1155.199	-4.773281	-3520.41	-2370.0	180	3228065
11	80	1155.199	-4.773281	-3520.41	-2370.0	185	3228375

Se puede observar que existe una relación entre el aumento de generación en el nodo con PML negativo, la misma magnitud del PML y el costo de producción.

El costo de producción tiende a bajar como se muestra en la Figura. 5.5.

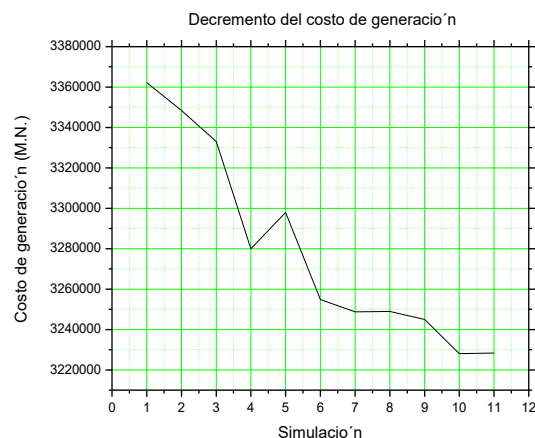


Figura. 5. 5 Cambio del costo de producción al aumento de carga en PML negativo

Este evento se presenta debido a los cambios de generación que existe, puesto que al aliviar la línea de transmisión, la generación de mayor precio puede ser sustituida por energía proveniente de menor costo, como se observa en la Figura. 5.6

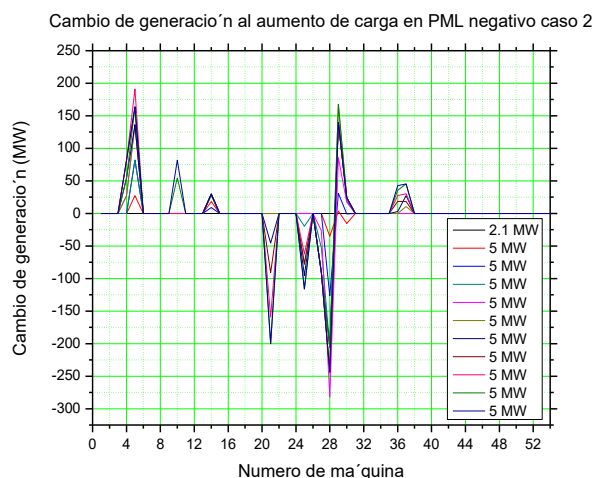


Figura. 5. 6 Cambio de generación al aumento de carga en PML negativo caso 2

Si se realiza un acercamiento solo a las máquinas que tuvieron un cambio de generación, se obtiene la Tabla 5.5.

Tabla 5. 5 Cambios de generación caso 2.

Máquina	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4	Sim 5	Sim 6	Sim 7	Sim 8	Sim 9	Sim 10	Sim 11
4	0.00	0.00	0.00	0.00	27.27	27.27	54.55	81.82	81.82	54.55	81.82
5	0.00	27.27	81.82	81.82	136.36	136.36	136.36	163.64	190.91	163.64	163.64
10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	54.55	81.82
14	0.00	18.18	9.09	27.27	29.55	29.55	29.55	29.55	29.55	29.55	29.55
21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-45.45	-90.91	-159.09	-200.00	-200.00
25	0.00	0.00	0.00	-19.81	0.00	-78.44	-95.23	-77.38	-62.21	-115.92	-116.06
27	0.00	0.00	0.00	-52.73	-26.64	-90.91	-90.91	-90.91	-90.91	-90.91	-90.91
28	0.00	-34.98	-126.12	-205.45	-281.82	-243.64	-205.45	-243.64	-243.64	-205.45	-243.64
29	0.00	3.64	30.91	140.00	85.46	167.27	140.00	140.00	140.00	167.27	140.00
30	0.00	-15.38	-0.86	19.34	17.10	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01	24.01
36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.89	18.68	27.27	35.61	42.70
37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.88	27.27	18.18	30.29	45.45	45.45

El gráfico de la Figura. 5.7 indica que entre más se alivia la línea, se sustituirá la energía conservándose el balance de potencia.

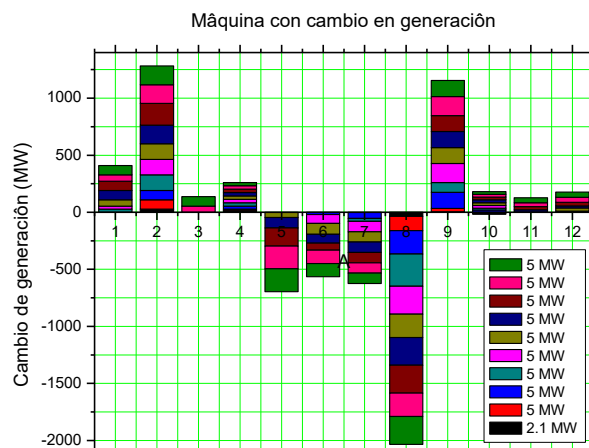


Figura. 5. 7 Cambio de potencia despachada

Los cambios de generación mostrados anteriormente resultan ser mayores conforme las simulaciones avanzan, esto debido a los factores de sensibilidad y los cambios de potencia que existen mostrados en la Tabla 5.6.

Tabla 5. 6 Factores de sensibilidad de los nodos re despachados con respecto el elemento aliviado

Factor Sensibilidad (152)	Nodo	Máquina	Cambio de potencia(MW) en el nodo	Cambio de potencia(MW) en la línea
-0.001464811	12	5	27.2728	-0.039949497
-0.001866048	32	14	18.18181	-0.03392813
-0.000647046	66	28	-34.9774	0.02263198
-0.0031311	69	29	3.637	-0.011387811
-0.004304681	70	30	-15.3765	0.066190927
0.006033687	80	36	-2.1	-0.012670743
		Total	-3.36229	-0.00009113

Se puede mostrar que el factor de sensibilidad del nodo 80 donde se aumenta la carga, es mayor en magnitud que los demás, por lo que indica que influye con mayor capacidad el elemento en congestión. Un supuesto que podría surgir por el análisis, es que el costo de generación no podría disminuir debido a que al aliviar el elemento de transmisión aumentando carga en un nodo, esta demanda tendría un costo mayor o sería de mayor magnitud que la energía de menor costo que se puede distribuir debido al alivio del elemento.

Claramente se puede observar en las ecuaciones 3.17 y 3.18 del Capítulo 3 que al tener una sensibilidad baja con respecto a la línea de transmisión en análisis (elemento 152), mientras no se encuentre en su límite, la energía de la máquina conectada a dicho nodo puede ser despachada sin restricción, puesto que por cada bloque de potencia que se despache, un porcentaje mínimo transitará en el elemento, caso contrario ocurre cuando el elemento se encuentra a su límite debido al alivio de una congestión, ya que al mínimo alivio de la línea, la máquina podrá distribuir grandes bloques de energía de menor costo.

En otras palabras, cuando un elemento es operado en su límite, las máquinas de menor costo no pueden distribuir su energía, ya que al mínimo cambio de potencia en la línea, saldrá fuera de su límite, y en viceversa, cuando el límite de la línea es aliviado en pequeñas cantidades, los generadores pueden distribuir bloques de energía de menor costo.

Por ello se generan los PML negativos en nodos de carga, ya que se encuentran cerca del elemento en congestión, debido a que tienen un factor de sensibilidad alto con respecto el elemento en análisis, mientras que las máquinas de menor costo podrían encontrarse a mayor distancia con factores de sensibilidad menor, validando la simulación.

Si se observa la Figura. 5.5 en la simulación cinco existe un aumento en el costo de energía, esto se debe a que el redespacho generó congestión de nuevo incrementando tanto los costos de producción como los costos de liquidación, debido a que la variable dual aumentó de magnitud como se muestra en la Tabla 5.7.

Tabla 5. 7 PML máximo y promedio por simulación caso 2

Simulación	Nodo	PML Max Energía (M.N.)	PML Max Pérdidas (M.N.)	PML Max Congestión (M.N.)	PML promedio (M.N.)	PML máximo (M.N.)
1	111	1305.89	102.51	331700.80	56706.36	333109.20
2	111	1389.70	109.09	495418.10	84122.18	496916.90
3	111	1305.89	102.51	440255.60	74804.45	441664.00
4	111	1180.16	92.65	265150.30	45468.33	266423.11
5	111	1222.07	95.94	332755.80	56796.89	334073.81
6	111	1190.28	93.44	163072.00	28438.17	164355.72
7	111	1191.61	93.54	154367.10	26986.37	155652.25
8	111	1191.61	93.54	154367.20	26986.06	155652.35
9	111	1162.78	91.28	156272.20	27274.64	157526.26
10	111	1155.20	90.69	136736.50	24006.09	137982.38
11	111	1155.20	90.69	136736.50	24006.09	137982.38

Como se mencionó anteriormente se puede observar que la línea sufrió una nueva congestión durante la simulación cinco, ya que la componente de congestión incrementa con respecto a la simulación anterior, y se puede corroborar con la componente de energía, debido a que de igual manera incrementa.

Si se realiza un análisis con respecto al PML máximo del sistema, conforme se consume mayor energía en el nodo con PML negativo se reducen los costos de producción, se optimizan de mejor manera las pérdidas, y como se analizó anteriormente la componente de congestión se reduce.

Los PML totales de la simulación se encuentran en el **apéndice H.**, no se limitaron los PML a un precio tope o un precio piso, debido a que se puede observar que conforme avanza la simulación los costos de liquidación se reducen. Generalmente los escenarios que incluyen PML negativos, son acompañados de precios altos, por lo que habitualmente son omitidos y se realizan cortes de carga [125].

Estos escenarios pueden servir para poder evaluar las necesidades del sistema, es decir deducir en donde se requiere invertir en refuerzos de red, para permitir el libre tránsito de energía con menor costo. O de igual manera se pueden corroborar los datos de las centrales, esto debido a que cuando se requiere pagar por producir energía, usualmente los generadores optan por reducir su producción a su mínima potencia, confirmando sus parámetros entrados al ISO.

5.4 Caso de estudio 3 - PML negativo en nodo de carga – generación, falsa congestión.

Durante la simulación del mercado eléctrico mayorista del capítulo 4 no se presentó ningún PML negativo en ningún nodo de carga, por lo que se redujo el límite de potencia del elemento 46, el cual se encuentra interconectado entre los nodos 35 a 36, a 35 MW, para de esta forma generar un PML negativo en el nodo 35 como se puede observar en la Figura. 5.8, cabe mencionar que la hora de estudio de referencia fue la hora 16, esto debido a que en dicho momento la carga del elemento 35 alcanza una demanda de 50.7 MW

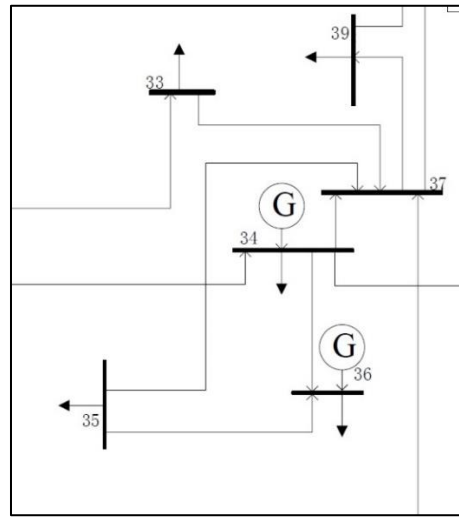


Figura. 5. 8 Acercamiento del elemento con congestión caso 3

Para provocar el PML negativo en el nodo 35 como se mencionó anteriormente se tuvo que simular una falsa congestión, es decir la reducción del límite de potencia en un elemento de la red, esta acción además de provocar un ejercicio para la interpretación del PML negativo, validando de esta manera el programa, se podrá aprovechar para ilustrar lo que ocasiona el tener una congestión ficticia en el sistema y su impacto en la liquidación de productos en el MDA.

Como se mencionó anteriormente, al tener sólo un elemento en congestión dentro del sistema, al aliviar este comportamiento, usualmente se provocan los PML de mayor y menor magnitud en los nodos entre los cuales se encuentra interconectado, esto debido a que los factores de sensibilidad de estos nodos con respecto al elemento aliviado son los de mayor magnitud, y al ser multiplicados por la variable dual de la restricción, provocan las componentes de congestión con mayor y menor magnitud, que usualmente predomina en mayor proporción que la componente de energía en estos casos específicos, como se puede observar en la Tabla 5.8.

Tabla 5. 8 PML mayormente afectados por componente de congestión caso 3

Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML
34	1358.63	19.45287	535.1983	1913.281
35	1358.63	25.29498	-3692.387	-2308.462
36	1358.63	-25.40775	2463.566	3796.788
37	1358.63	16.89321	-116.2656	1259.258
43	1358.63	55.16039	391.7158	1805.506

Al igual que en el caso dos, se desea corroborar que el comportamiento del PML negativo al aumento de carga en el mismo, reduce el costo de generación, para ello se realizó un aumento en la demanda de dicho nodo en menor magnitud que el caso anterior como lo muestra la Tabla 5.9.

Tabla 5. 9 Resultados simulación caso 3

Simulación	Nodo	Componente Energía (\$M.N.)	Componente Pérdidas (\$M.N.)	Componente Congestión (\$M.N.)	PML (\$M.N.)	Carga nodo 80 (MW)	Costo de generación (\$M.N.)
1	35	1358.63	25.29498	-3692.387	-2308.46	50.7	4597452
2	35	1327.711	24.71933	-3702.008	-2349.57	51.7	4595142
3	35	1327.711	24.71933	-1162.633	189.797	52.7	4593720
4	35	1320.127	24.57813	-1148.634	196.071	53.7	4593932
5	35	1320.127	24.57813	-1019.29	325.415	54.7	4594233
6	35	1317.659	24.53218	-860.7409	481.450	55.7	4594667
7	35	1317.659	24.53218	-741.0336	601.15	56.7	4595186
8	35	1317.659	24.53218	-723.6434	618.548	57.7	4595789
9	35	1317.659	24.53218	-626.2145	715.977	58.7	4596498
10	35	1286.734	23.95642	-446.7122	863.978	59.7	4597305
11	35	1286.734	23.95642	-415.6964	894.994	60.7	4598197

Se puede observar al igual que el caso anterior el costo de generación al aumento de carga en un PML negativo reduce el costo de generación, aunque existe un límite en dicha operación, esto debido a que al recalcular los PML claramente la variable dual por el alivio de congestión es menor, provocando que el PML negativo cambie de signo y el costo de generación a partir de dicho cambio [126], genere un incremento.

En esta simulación con respecto al caso dos, se puede observar dicho comportamiento como se observa en la Figura. 5.9.

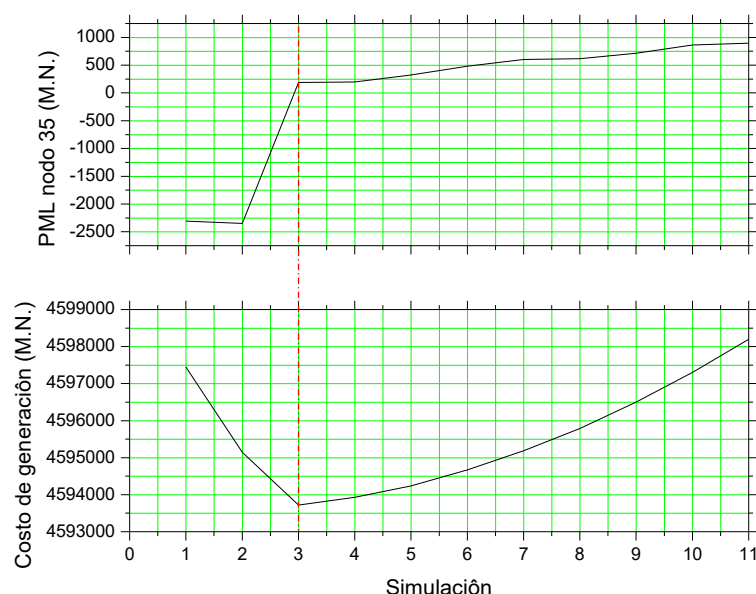


Figura. 5. 9 Evolución del costo de generación y del PML del nodo 35

El cambio ocurre a partir de la simulación número tres, donde el PML del nodo 35 pasa de ser negativo a positivo, desde el punto de vista económico, el PML es el costo por producir un MW adicional en este nodo, por lo que la simulación lo muestra de esa manera, hasta que ocurre dicho cambio el costo de generación empieza a incrementarse.

Los cambios de generación en comparación con el caso 2, son en menor escala, como se puede observar en la Tabla 5.10

Tabla 5. 10 Cambios de generación caso 3

Máquina	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4	Sim 5	Sim 6	Sim 7	Sim 8	Sim 9	Sim 10	Sim 11
6	0.0	0.0	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
9	0.0	0.0	2.7	2.7	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	8.2	8.2
14	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.1	9.1	9.1	9.1	10.9	14.9
30	0.0	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	10.3	11.7	11.7
34	0.0	0.0	-2.6	-9.7	-16.8	-24.0	-31.2	-38.2	-45.2	-52.2	-56.8
36	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.6
43	0.0	-9.6	-15.7	-15.7	-15.7	-15.7	-15.7	-15.7	-15.7	-15.7	-15.7
52	0.0	4.4	9.1	14.8	18.2	18.2	21.3	27.3	27.3	27.3	27.3

Se puede apreciar en la Figura. 5.10 que aunque el costo de generación incrementa a partir de la simulación 4 existe una sustitución de la generación de mayor costo por la de menor costo como se puede observar los incrementos de energía de menor costo y los decrementos de energía de mayor costo son congruentes.

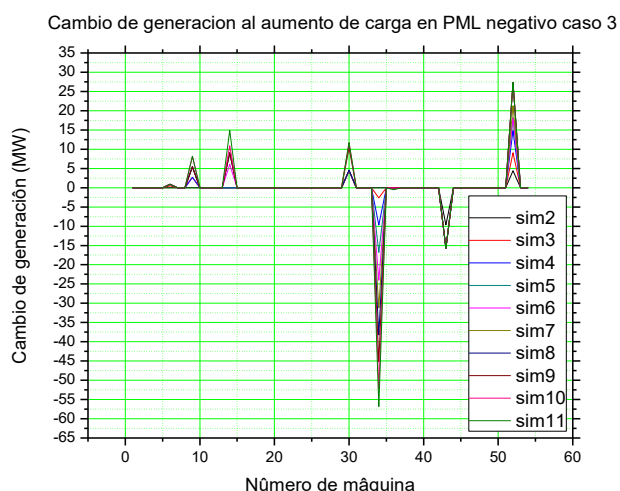


Figura. 5. 10 Cambio de generación al aumento de carga en PML negativo caso 3

En cuanto al comportamiento de los demás PML del sistema se puede deducir que al aumento de carga en el nodo 35 efectivamente disminuye la congestión, teniendo un impacto en la variable dual de su restricción, y repercutiendo en la componente de congestión de los demás PML bajando la precios de liquidación tal como se muestra la evaluación del PML máximo del sistema en la Tabla 5.11.

Tabla 5. 11 PML máximo y promedio por simulación caso 3

Simulación	Nodo	PML max Energía (M.N.)	PML max Pérdidas (M.N.)	PML max Congestión (M.N.)	PML promedio (M.N.)	PML máximo (M.N.)
1	36	1358.63	-25.408	2463.566	1392.54	3796.79
2	36	1327.711	-24.830	2469.985	1361.08	3772.87
3	36	1327.711	-24.830	775.710	1355.02	2078.59
4	36	1320.127	-24.688	766.370	1347.26	2061.81
5	36	1320.127	-24.688	680.072	1346.95	1975.51
6	36	1317.659	-24.642	574.288	1344.06	1867.31
7	36	1317.659	-24.642	494.419	1343.77	1787.44
8	36	1317.659	-24.642	482.816	1343.73	1775.83
9	36	1317.659	-24.642	417.811	1343.50	1710.83
10	36	1286.734	-24.063	298.047	1312.20	1560.72
11	36	1286.734	-24.063	277.353	1312.13	1540.02

Al graficar los datos se puede observar en la Figura. 5.11 que la falsa congestión en el elemento 46 no repercute de manera significativa en los demás nodos del sistema (**anexo 5.C.**) ya que el promedio del mismo permanece casi constante, a pesar de que el costo de generación aumenta al incrementar la carga en el nodo 35 a partir de la simulación tres, dónde este cambia de signo, se puede observar que la componente de congestión tiende a disminuir aun cuando el costo de generación se incrementa, esto se debe a que el costo del aumento de la carga en dicho nodo, es mayor a la energía de menor costo liberada por la reducción de la congestión, tal como lo indica el cambio del signo del PML.

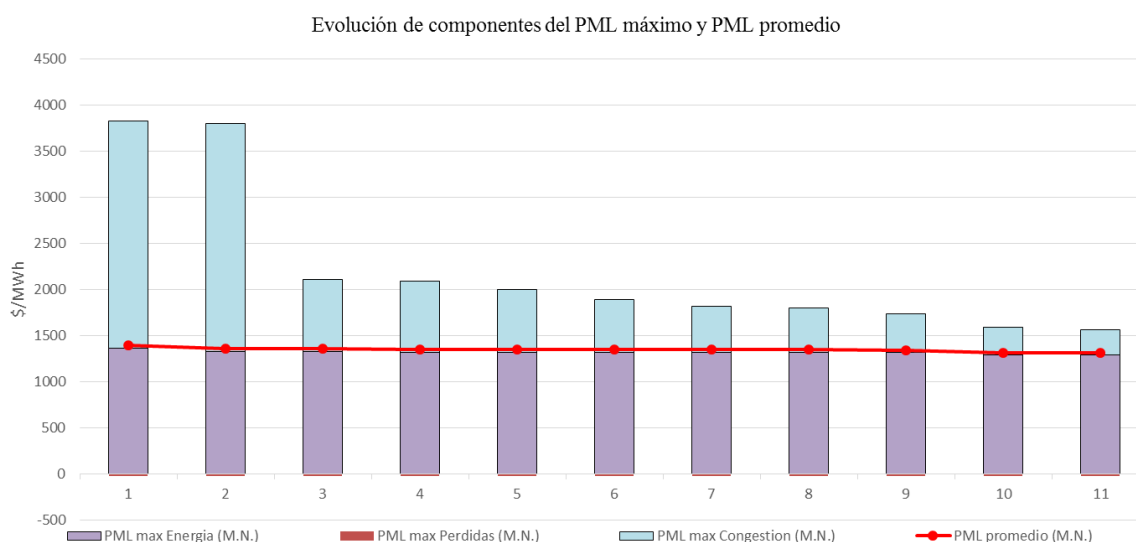


Figura. 5. 11 Evolución de componentes del PML máximo y PML promedio

El estudio además muestra que debido a la falsa congestión del elemento 46 el nodo 36 donde se encuentra la máquina número 16, recibe un pago por el alivio de la congestión, esto puede surgir debido a la alianza entre algún transportista de energía y un productor independiente, donde ambas partes acuerdan manipular las condiciones de la red reportadas al CENACE, creando un falso límite de potencia de algún elemento, y teniendo como beneficio el pago por un inexistente alivio de la congestión, ya que las condiciones de la red no presenta ningún cambio, es decir que no existió ninguna alteración física.

Estas manipulaciones del mercado son conocidas como “Non-firm export”, “Death Star” o “Wheel out” [107], todas ellas se refieren a la acción de recibir un pago por el alivio de una congestión inexistente.

5.5 Caso de estudio 4 – Manipulación de carga.

Una práctica que fue parte de la causa de la crisis eléctrica de California, fue el desplazamiento de carga (Load shift), la cual provoca el incremento artificial de la congestión y sus costos [127], existen distintas prácticas atribuidas a dicho concepto, por lo que se considerará en este trabajo como el incremento artificial de la demanda ofertada.

En la segunda etapa del mercado las ERC deberán presentar al CENACE pronósticos de carga de cada hora [83], y deberá de notificar al menos con siete días de anticipación si existiese un incremento significativo.

La regla mencionada anteriormente, dificulta la realización de esta práctica sin embargo se presenta la simulación, de cómo se desarrolla esta actividad, para ello se tomó como referencia la hora 13 de la simulación del caso base, donde se incrementa la carga de los nodos 93, 94, 95, 96, y 97 mostrados en la Figura. 5.12

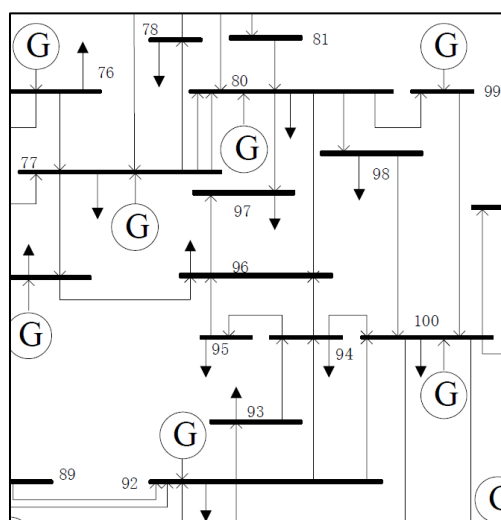


Figura. 5. 12 Acercamiento de nodos del caso 4

La práctica consiste en influenciar a determinados nodos a cambiar el pronóstico de su demanda, para de esta manera generar una contingencia artificial, y con ello que determinadas máquinas reciban un pago por aliviar una congestión inexistente, debido a que los PML para esta manipulación son aquellos calculados en el MDA, por lo que la congestión en tiempo real puede no existir.

Los cambios de las demandas, se pueden observar en la Tabla 5.12.

Tabla 5. 12 Cambio de la demanda caso 4

Nodo	Demanda real (M.W.)	Demanda con Incremento (M.W.)
93	15.4	110
94	38.6	100
95	54	90
96	48.9	100
97	19.3	80

Este cambio de generación provocó una congestión del elemento 148 el cual se encuentra entre los nodos 94 y 100, con ello el despacho de las maquinas se muestra en la Tabla 5.13.

Tabla 5. 13 Despacho económico caso 4

Maquina	Generación (M.W.)	Máquina	Generación (M.W.)	Máquina	Generación (M.W.)
1	0.0	19.0	100.0	37.0	0.0
2	0.0	20.0	250.0	38.0	0.0
3	0.0	21.0	250.0	39.0	300.0
4	300.0	22.0	0.0	40.0	200.0
5	300.0	23.0	25.0	41.0	0.0
6	10.0	24.0	200.0	42.0	0.0
7	100.0	25.0	200.0	43.0	272.7
8	0.0	26.0	0.0	44.0	300.0
9	5.0	27.0	420.0	45.0	272.7
10	190.9	28.0	381.8	46.0	0.0
11	350.0	29.0	0.0	47.0	65.4
12	0.0	30.0	43.6	48.0	0.0
13	0.0	31.0	0.0	49.0	0.0
14	25.0	32.0	0.0	50.0	0.0
15	0.0	33.0	0.0	51.0	0.0
16	100.0	34.0	25.0	52.0	100.0
17	0.0	35.0	100.0	53.0	32.8
18	0.0	36.0	300.0	54.0	0.0

Los PML pueden ser consultados en el **apéndice J**, mientras que la Tabla 5.14 puede ilustrar el incremento de los mismos, para aquellas máquinas que reciben un pago por el alivio de una inexistente congestión con respecto la simulación del caso base.

Tabla 5. 14 Influencia de la manipulación con cada generador.

Máquinas beneficiadas en menor magnitud				Máquinas beneficiadas en mayor magnitud		Máquinas afectadas	
Nodo	Δ PML (M.N.)	Nodo	Δ PML (M.N.)	Nodo	Δ PML (M.N.)	Nodo	Δ PML (M.N.)
4	94.19	49	92.34	99	781.06	82	-126.07
6	94.67	54	92.41	100	1045.29	85	-77.99
8	93.86	55	130.93	103	1050.68	87	-90.58
10	89.77	56	95.54	104	966.75	89	-51.24
12	89.55	59	95.42	105	1051.28	90	-41.03
15	94.02	61	94.36	107	1053.72	91	-36.58
18	44.29	62	112.85	110	1052.97	92	-38.01
19	94.12	65	95.32	111	1054.97		
24	39.40	66	94.19	112	1039.44		
25	88.71	69	90.95				
26	89.31	70	84.86				
27	93.80	72	89.97				
31	94.46	73	86.83				
32	93.52	74	82.40				
34	94.21	76	78.43				
36	91.03	77	65.10				
40	95.61	80	114.77				
42	95.80	113	89.35				
46	29.75	118	96.53				

Se puede observar que existen máquinas que fueron afectadas debido a esta práctica, cabe mencionar que el incremento no es del todo real debido a que al incrementar la carga la componente de energía, de igual manera se incrementa influyendo a los PML, sin embargo se observa que la componente de congestión es mayor en algunos nodos por lo que existen máquinas beneficiadas en mayor magnitud, posiblemente son aquellas las que resultan ser las responsables de la manipulación

En esencia, las manipulaciones frecuentes son las mostradas anteriormente, sin embargo existen prácticas denominadas como [107]:

- Fat boy: La manipulación de los pronósticos, generando un incremento en las reservas, ocasionando un desbalance de frecuencia
- Ricochet o Megawatt laundering: La compra de energía en las subastas o en el MDA con bajo costo y su venta en el MTR o MHA a un precio mayor.

5.6 Caso de estudio 5 – Dos entradas marginales.

Durante las simulaciones de los casos de estudio 1 y 3 se aliviaron dos tipos de congestiones, inter-zonal e intra-zonal, ambas afectan de manera distinta a los PML del sistema, como se puede observar en la Figura. 5.13, donde claramente se puede apreciar que el alivio de una congestión inter-zonal repercute en los PML de una zona en específico, esto debido a que los factores de sensibilidad de estos nodos son de mayor magnitud y del mismo signo en comparación al resto del sistema, mientras que desde el punto de vista económico indica que la máquina marginal se encuentra fuera de esta zona, por lo que generar un MW adicional en la zona de precios altos, genera una variable dual de mayor peso debido a la restricción del límite de potencia de la línea de enlace.

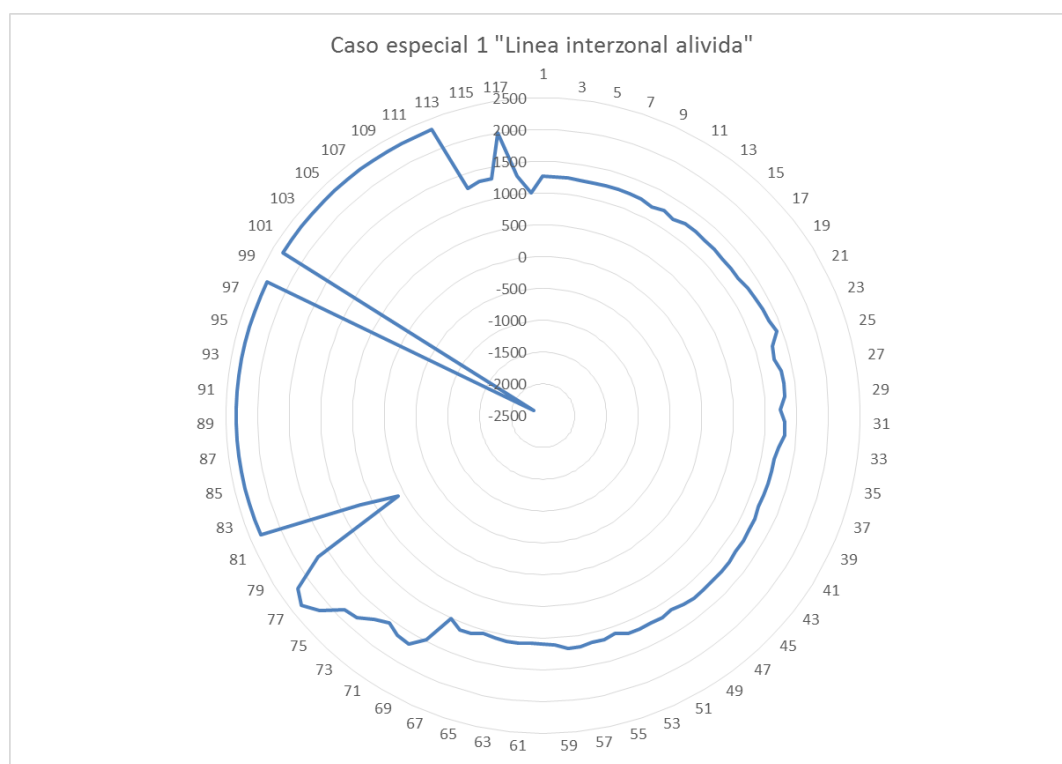


Figura. 5. 13 PML del sistema con Línea Inter - Zonal aliviada

Por otro lado se puede observar en la Figura. 5.14 que los PML del alivio de una línea de transmisión inter – zonal repercute en menor peso a los PML del resto del sistema, esto debido a que el MW adicional, para cada nodo, no necesariamente es transmitido a través de la línea de transmisión aliviada, en comparación al caso uno donde cada uno de los MW adicionales de la zona, tienen mayor probabilidad de ser transmitidos a través de la línea de enlace, provocando una componente de congestión mayor.

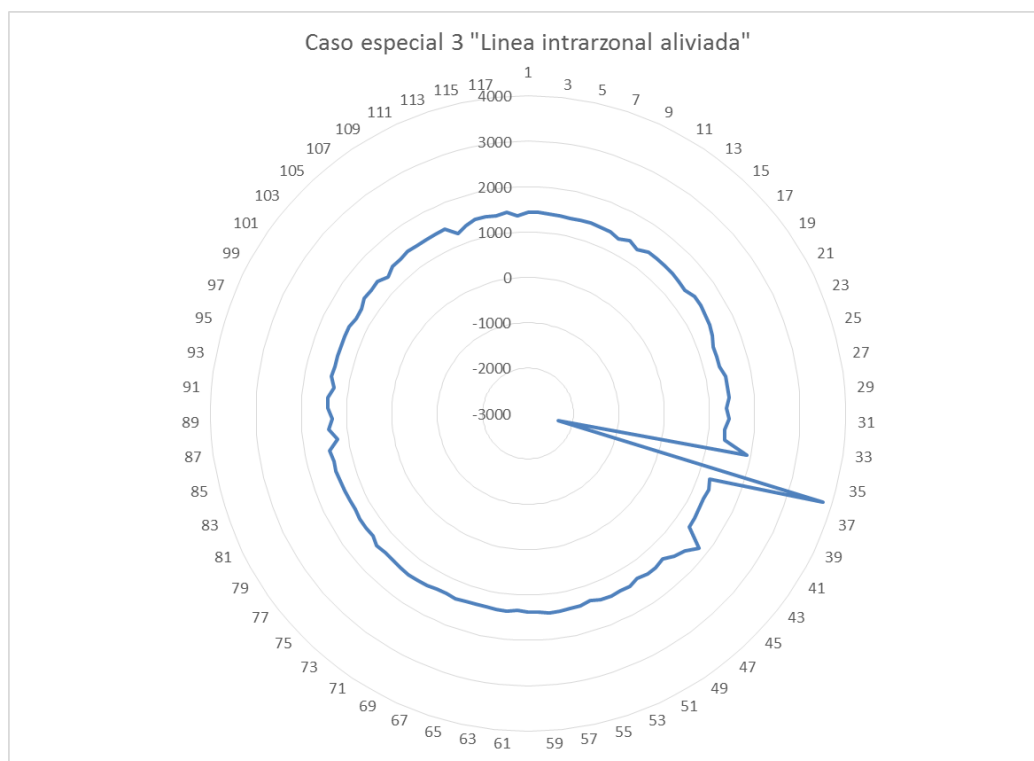


Figura. 5. 14 PML del sistema con Línea Intra - Zonal aliviada

Para evitar el comportamiento inusual de los PML ante esta situación, el algoritmo para el despacho económico y el cálculo de los PML se realiza de manera aislada para la zona (s) afectadas y para el resto del sistema [128], mientras que la asignación de unidades se mantiene; esto debido a que la situación solo ocurre en un lapso de tiempo en específico.

El procedimiento consiste en eliminar las líneas de enlace que interconectan ambas zonas, definidas por la Tabla 5.15

Tabla 5. 15 Líneas de enlace zona 3

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Límite (MW)
123	77	82	0.0298	0.0853	0.08174	200
150	96	97	0.0173	0.0885	0.024	175
141	80	96	0.0356	0.182	0.0494	175
151	98	100	0.0397	0.179	0.0476	175
152	99	100	0.018	0.0813	0.0216	175

Esta acción genera dos entradas marginales, es decir que al realizar los algoritmos de manera aislada para las dos partes del sistema existirá una máquina que margine cada sección (tabla 5.16), por consiguiente los PML del sistema tendrán dos componentes de energía distintas .

Tabla 5. 16 Maquinas marginales del sistema en la hora 2

Nodo	Zona	C. Energía	C. Perdidas	C. Congestión	PML
80	1-2.	1009.552	0	0	1009.552
112	3	935.657	0	0	935.6569

Cabe mencionar que durante el seccionamiento del sistema, se presentó un circuito radial como se muestra en la Figura 5.15, provocando la congestión de la línea de transmisión conectada entre los nodos 99 y 80 debido a la operación de la máquina conectada en el nodo 99 cuya generación despachada fue de 300 MW mientras que la línea tiene un límite de 200 MW.

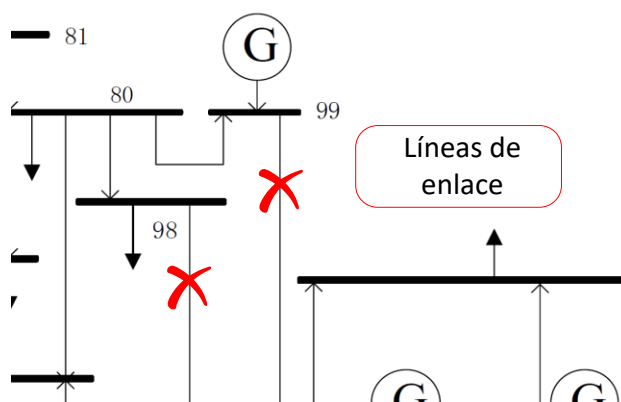


Figura. 5. 15 Sistema radial por seccionamiento del sistema

Puesto que la fracción mostrada es radial, la incorporación de una restricción que limite el flujo de la línea como en los casos anteriores no es posible, se realiza un corte del excedente de generación, es decir que se limita la máquina conectada en el nodo 99 a 200 MW, con lo cual se tiene la solución óptima, cabe mencionar que en programas especializados, el limitar la generación de tal forma tiene un factor de penalización que influye a la función objetivo para que de esta forma se realice de forma automática.

Los PML del sistema se homogenizan como se muestra en la Figura. 5.16 bajando los costos de liquidación, cabe mencionar que seccionar el sistema de esta manera puede ser ventajoso para más de un escenario, como la falta del suministro de gas en una sección que eleve los PML forzando a la componente de energía a adquirir la magnitud de la oferta de una de estas máquinas que utiliza un combustible de mayor precio para su operación, teniendo en cuenta que solo sucede esta situación en una zona del sistema, pero elevando los precio en el resto del mismo, los PML del caso cinco pueden ser consultados en el **apéndice K**.

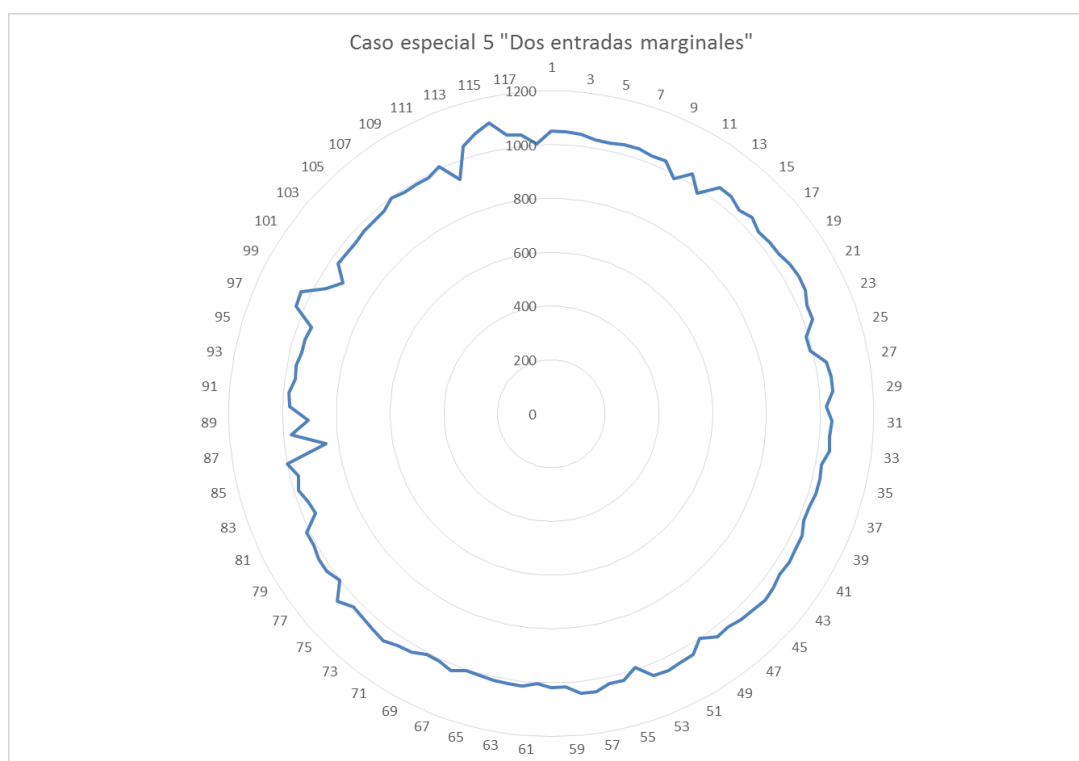


Figura. 5. 16 PML total simulación caso 5

Los resultados anteriormente mostrados visualizan las prácticas que pueden surgir en los mercados, teniendo como referencia los escenarios que se han presentado a lo largo de la historia.

CAPÍTULO 6 CONCLUSIONES

“A champion is afraid of losing. Everyone else is afraid of winning” – Billie Jean King

El trabajo realizado mostro los principales conceptos para desregular un sistema así como los distintos factores que influyen en el modelado de un mercado y la simulación del mismo.

Se obtuvieron los precios marginales locales, en los cuales se pudo observar que la componente de energía es predominante en condiciones normales, la componente de pérdidas es de un bajo valor y la componente de congestión solo adopta valor cuando esta se presenta.

Se pudo observar que la componente de congestión depende de la o las líneas que se encuentren en esta situación por lo que puede llegar a ser de una magnitud igual o mayor a la componente de energía, resultando en PML muy altos o muy bajos.

Se pudo observar que las subastas en comparación al mercado a corto plazo, liquidan sus productos de forma discriminatoria, y en base a este argumento se generan los contratos.

Las ofertas de las subastas de largo plazo contemplan la ubicación de las centrales por ello son modificadas en base a su zona de precios.

Se pudo corroborar que las subastas de largo plazo son diseñadas mayormente para satisfacer la obligación de adquirir certificados de energías limpias, promoviendo la inversión de nuevas centrales que generen a partir de fuentes renovables.

Por otro lado se observó que las subastas de mediano plazo evidentemente crean una estabilidad en los precios de adquisición y venta de los ganadores de la misma, debido a que las ERC satisfacen mayormente sus necesidades de energía por este medio y los generadores cubren sus costos fijos.

Se consiguió observar la relación que existe entre el comportamiento físico de un sistema eléctrico de potencia con los precios marginales locales, es decir que con ellos se pudo cuantificar el estado del sistema y deducir donde es mejor asentida la generación y la demanda dadas las condiciones del mismo.

Se logró mostrar la forma de mitigar una congestión inter – zonal así como una intra – zonal, ilustrando la manera en que cada una de ellas afecta física y económicamente al sistema, así como el origen y comportamiento de los precios marginales locales negativos.

Se pudo observar que las manipulaciones del mercado no ocurren de manera aislada, y su práctica afecta o beneficia a distintos participantes, por lo que la identificación pronta de las mismas, promueve la competitividad.

6.1 Aportaciones.

Como se mencionó anteriormente las aportaciones de la tesis son el desarrollo de cuatro algoritmos:

- I. Una asignación de unidades.
- II. Un despacho económico con el cálculo de los precios marginales locales.
- III. Un programa de subastas de largo plazo.
- IV. Un programa de subastas de mediano plazo.

Adicionalmente dentro del documento se genera un análisis del significado de distintos conceptos que conlleva el proceso de desregulación.

Se pudo tipificar el mercado eléctrico mexicano dados los distintos modelos propuestos por distintos autores dependiendo su tipo de operación, su grado de libertad, su esquema de liquidación y su forma de inclusión de la red.

La simulación de las prácticas no competitivas mostro la interpretación de conceptos que pudiesen ser incoherentes, como el pago por producir energía, pero que han sucedido en distintos mercados eléctricos de diferentes países a lo largo de la historia.

Con la ayuda de las distintas publicaciones por parte de la SENER, el CENACE y la CRE, se muestra el significado de distintos conceptos que se ocupan en la operación del mercado mexicano, y que pueden llegar a ser distintos en los demás mercados alrededor del mundo.

Con ayuda de los manuales publicados por distintos ISO de distintos países, se muestra el significado de los precios marginales locales, los cuales como se mostró en la tesis lejos de ser un concepto para poder liquidar la energía, existe una relación física con las condiciones del sistema.

De igual forma se resuelve el modelo de optimización de subastas de largo plazo para generar un ejemplo a nivel académico de cómo es que funciona, cuales son los productos asociados y de igual manera como es que son llevadas a cabo, a pesar de no mostrar el proceso anterior a las mismas.

Aunque el modelo de optimización de subastas de mediano plazo aún no se haya publicado a la fecha de elaboración de esta tesis, se generó un modelo que ayudo a mostrar los productos asociados con este tipo de subastas y comprender de la misma forma el objetivo de su implementación.

6.2 Sugerencias para trabajos futuros.

1. La continuación directa de este trabajo es la implementación de las simulaciones del mercado en tiempo real y el mercado en hora en adelantó, ambos pueden llegar a ser afectados por situaciones distintas al MDA ya sea como la congestión en tiempo real, fallas, contingencias, y las variaciones entre la demanda pronosticada y la real.
2. Con respecto al monitoreo del mercado, los casos presentados se encuentran referenciados al MDA, sin embargo se propone un estudio comparativo del impacto al mercado dadas las prácticas de manipulación presentes en la operación en tiempo real del sistema.
3. Se propone la incorporación de las centrales hidráulicas al mercado, calculando los costos de oportunidad así como el impacto que tiene en el sector ante a las centrales térmicas.
4. Como incorporación del trabajo realizado, se propone implementar la asignación de unidades en horizonte extendido (AUHE) para las centrales que necesiten ser alertadas de su asignación antes del mercado de día adelantó.
5. En cuanto al cálculo de los costos de los servicios conexos, se sugiere la implementación de las asignaciones de unidades por confiabilidad, obteniendo a partir de esta los costos de liquidación de cada uno de los tipos de reserva.
6. Como nueva entidad en el sector eléctrico se propone simular las ofertas virtuales por parte de los comerciantes, y el impacto que genera su incorporación a los precios de liquidación del sistema.
7. Como nueva forma de operar para la segunda etapa del mercado, se propone realizar la simulación de un estudio considerando recursos de demanda controlable o bien sensible al precio por parte de las entidades responsables de carga, y las ofertas negativas por parte de los generadores.
8. Por parte del control operativo de la red se sugiere la simulación del control automático de generación en un ambiente desregulado.
9. Por parte de los estudios de estabilidad en tiempo real se sugiere el estudio comparativo de la operación de un sistema regulado contra el mercado de hora en adelantó, debido a que el mismo genera las mayores variaciones de los PML debido a las bandas de precios en la que se presenta.

Referencias

- [1] Secretaria de Energía, «Ley de la Industria Eléctrica,» 2014. [En línea]. Disponible: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5355986&fecha=11/08/2014.
- [2] A. Marshall, Principles of Exonomics, An introductory volume , London: Macmillan and Co., 1920.
- [3] D. Newbery, R. Green, K. Neuhoff y P. Twomey, A review of the Monitoring of Market Power; the possible roles of TSOs in monitoring for market power issues in congested transmission systems (Report for European Electricity Transmission System Operators), Europa: ETSO, 2004.
- [4] M. Parkin y E. Loría, Microeconomía. Versión para Latinoamérica , México: Pearson educación, 2010.
- [5] Secretaria de Energía, «Base 2 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [6] J. Gómez y R. Mota, «Planteamiento de simulación de mercados de energía eléctrica ,» *IEEE RVP*, 2005.
- [7] J. Duncan, J. Thomas y S. Mulukutla, Power system analysis & design , 6 ed., Boston: Cengage Learning, 2017.
- [8] H. Platt, The electric city: energy and the growth of the Chicago area, 1880 - 1930 , Chicago: The University of Chicago, 1991.
- [9] F. Denny y D. Dismukes, Power system operations and electricity markets , Washington: CRC PRESS, 2002.
- [10] S. Yong-Hua y W. Xi-Fan, Operation of Merket-oriented Power Systems , Brunel: Springer, 2003.
- [11] Í. Sabuncuoglu, B. Kara y B. Bidanda, Industrial engineering applications in emerging countries , Boca Raton: CRC PRESS, 2015.
- [12] H. Rudnick, «Market restructuring in South America (Articulo),» *IEEE Power Eng. Review*, vol. 18, p. 3, 1998.

-
- [13] R. Künneke, J. Groenewege y J. Auger, *The Governance of Network Industries, Institutions, Technology and Policy in Reregulated Infrastructures*, Cheltenham, UK. Northampton, USA: Edward Elgar, 2009.
- [14] J. Casazza, «Reorganization of the UK electric supply industry ,» *IEEE Power Eng. Review*, vol. 17, nº 7, p. 15, 1997.
- [15] A. Lazcano, *Análisis del mercado eléctrico en Escandinava (Tesis)*, Bilbao: Universidad del País Vasco, 2013/2014.
- [16] P. Mäntysaari, *EU Electricity Trade Law, The legal tools of electricity producers in the internal electricity market*, Switzerland: Springer, 2015.
- [17] Federal Energy Regulatory Commission, «Electric Power Markets: National Overview (Mapa),» [En línea]. Disponible: <https://www.ferc.gov/market-oversight/mkt-electric/overview.asp>.
- [18] J. Griffin y S. Puller, *Electricity Deregulation, Choices and Challenges*, London, Chicago: The University of Chicago, 2005.
- [19] STEVE ISSER Energy Law & Economics, Inc., *Electricity Restructuring in the United States, Markets and Policy form the 1978 Energy Act to the Present*, New York: Cambridge University Press, 2015.
- [20] W. Rafal, *Modeling and Forecasting Electricity Loads and Prices, A statistical Approach*, Chichester: Jhon Wiley & Sons, 2006.
- [21] V. Rangaswamy, *Energy for Development, Twenty - First Century Challenges of Reform and Liberalization in Developing Countries*, London: Anthem Press, 2007.
- [22] M. Vagliasindi y J. Besant-Jones, *Power Market Structure, Revisiting Policy Options*, Washington: The World Bank, 2013.
- [23] J. Millán, *Entre el mercado y el Estado, tres décadas de reformas en el sector eléctrico de América Latina*, New York: Banco Interamericano de Desarrollo, 2006.
- [24] Parlamento Europeo, «Fichas técnicas sobre la Unión Europea, El mercdo interior de la energía (Ficha técnica),» [En línea]. Disponible: http://www.europarl.europa.eu/atyourservice/es/displayFtu.html?ftuld=FTU_5.7.2.html.
- [25] J.-M. Glachant y F. Lévêque, *Electricity Reform in Europe, Towards a Single Energy Market*, Cheltenham: Edward Elgar, 2009.

-
- [26] Secretaría de Energía, «Base 1 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [27] C. México, «Mercado y Operaciones (Reporte),» [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/paginas/publicas/MercadoOperacion/Subastas.aspx>. [Último acceso: 21 Agosto 2016].
- [28] Centro Nacional del Control de la Energía, «Marco Regulatorio,» [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/MarcoRegulatorio.aspx>. [Último acceso: 13 Septiembre 2016].
- [29] M. Juan, C. H. M. Antonio, P. Pierre y Z. Marco, Integrating Renewable in Electricity Markets , Springer Science & Business Media, 2013.
- [30] H. William, «HARVARD Kennedy School (Publicaciones),» Mossavar-Rahmani Center for business and government , [En línea]. Disponible: <https://www.hks.harvard.edu/fs/whogan/>.
- [31] F. Vázquez, «Asignación de unidades generadoras a corto plazo en el mercado eléctrico usando programación lineal (Tesis de maestría),» SEPI, Ed., Mexico, D.F., SEPI - IPN, 2006.
- [32] J. Gómez, Modelación de competencia en sistemas hidrotérmicos aplicando teoría de juegos (Tesis de maestría), SEPI, Ed., México, D.F.: SEPI - IPN, 2007.
- [33] L. López y G. Rodríguez, Asignación de unidades eléctricas para un mercado eléctrico centralizado (Tesis de licenciatura), México, D.F.: IPN, 2011.
- [34] D. Repizo y L. Chavez, Poder de mercado aplicado a un sistema eléctrico de potencia (Tesis de licenciatura), México, D.F.: IPN, 2011.
- [35] M. Lopez, Despacho de potencia de un mercado híbrido con contratos bilaterales a corto plazo (Tesis de licenciatura), México, D.F.: IPN, 2012.
- [36] S. Hernandez y J. Martinez, Compra - Venta de energía eléctrica por subasta de un solo lado (Tesis de licenciatura), México, D.F.: IPN, 2016.
- [37] N. Camacho, Nuevo mercado eléctrico nacional (Tesis de licenciatura), México, D.F.: IPN, 2016.
- [38] D. Luenberger y Y. Ye, Linear and Nolinear Programming , New York: Springer, 2008.
- [39] H. William, Electricity Standard Market Design: Proposal A, Analysis A-, Execution (Artículo), Massachusetts: Harvard Electricity Policy Group Cambridge, MA , 2002.
-

-
- [40] Secretaria de Energía, «Manual de Subastas de Largo Plazo,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/ManualesMercado.aspx>.
- [41] Centro Nacional del Control de la Energía, «Programa de enteros mixtos 18-03-2016 Bases SLP No. 1/2015 (Modelo de optimización),» CENACE, 15 Mayo 20016. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MercadoOperacion/SubastasLP.aspx>.
- [42] Secretaria de Energía, «Base 14 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [43] IEEE, «Sistema de prueba de la IEEE 118 nodos – 54 unidades 24 Horas,» [En línea]. Disponible: Ultima consulta_ 21 de agosto del 2016. <http://www.al-roomi.org/power-flow/118-bus-system>. [Último acceso: 04 Junio 2016].
- [44] D. Kirschen y G. Strbac, Fundamentals of Power System Economics , 1 ed., Wiley & Sons, 2004.
- [45] S. Sen, S. Sengupta y A. Chakrabarti, Electricity Pricing, Regulated, Deregulated and Smart Grid System , NW: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2015.
- [46] A. Thiere, «Energizing America: A Blueprint for Deregulating the Electricity Market (Artículo),» The Heritage Foundation, [En línea]. Disponible: <http://www.heritage.org/research/reports/1997/01/bg1100nbsp-energizing-america-a-blueprint>.
- [47] M. Shahidehpour, H. Yamin y Z. L, Market Operations in Electric Power Systems , 1 ed., Jhon Wiley & Sons, 2002.
- [48] R. Pindyck y D. Rubinfeld, Microeconomía , 5 ed., Pearson Educación, 2001.
- [49] COGENER A.C., «Guía de referencia para interactuar en el nuevo mercado eléctrico (Guía),» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.pwc.com/mx/es/reforma-energetica-2014.html>.
- [50] P. Skantze y M. Ilic, Valuation, hedging and speculation in competitive electricity markets: A funamental approach , Bosto, Dordrecht, London: Kluwer academic publishers, 2001.
- [51] ERCOT, «LMP Contour Map (Mapa),» [En línea]. Disponible: <http://www.ercot.com/content/cdr/contours/rtmLmp.html>.
- [52] L. Belyaev, Electricity Market Reforms: Economics and Policy Challenges , London: Springer, 2011.
-

-
- [53] Secretaría de Energía., «Base 3 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [54] W. Hogan, «Independent System Operator (ISO) for a competitive electricity market (Artículo),» Harvard University, June 1998. [En línea]. Disponible: <https://www.hks.harvard.edu/fs/whogan/swit0698.pdf>.
- [55] L. Loi, Power System Restructuring and Deregulation, Trading, Performance and Information Technology , England: Jhon Wiley & Sons, 2001.
- [56] P. Ranci y G. Cervigni, The Economics of Electricity Markets: Theory and Policy , Massachusetts: Edward Elgar Publishing, Inc., 2013.
- [57] X.-P. Zhang, Restructured electric power systems, analysis of electricity markets with equilibrium models , Canada: Jhon Wiley & Sons Inc., 2010.
- [58] S. Hunt y G. Shuttleworth, Competition and Choice in Electricity , Wiley, 1997.
- [59] D. Besanlo y R. Braeutigam, Microeconomics , Jhon Wiley & Sons, Inc, 2011.
- [60] J. Fernández, «Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Anales de mecánica y electricidad (Artículo),» Universidad Pontificia Comillas, 2003. [En línea]. Disponible: https://www.icaei.es/contenidos/publicaciones/anales_get.php?id=524.
- [61] F. Sioshansi, Competitive electricity markets; design emplementation, performance, Amsterdam: Elsevier, 2008.
- [62] D. Gan, D. Feng y J. Xie, Electricity Markets and Power System Economics , 1 ed., CRC Press by Taylor & Francis Group, 2014.
- [63] PricewaterhouseCoopers, «Energía y sociedad (Artículo),» 28 Agosto 2015. [En línea]. Disponible: http://www.energiaysociedad.es/documentos/C2_Formacion_de_precios_en_el_mercado_al_contado.pdf.
- [64] Servicios energeticos, «1ra Fase del Proyecto de Acoplamiento de Precios de las Regiones (Artículo),» PCR, [En línea]. Disponible: <http://www.serviciosenergeticos.org/2013/03/el-regulador-de-la-energia-espanol-da.html>.
- [65] PWC, «Resumen de las bases de Mercado,» [En línea]. Disponible: <http://www.pwc.com/mx/es/reforma-energetica-2014.html>.

-
- [66] IESO, «IEMO: Nodal Pricing Basics (Manual),» Drew Phillips Market Evolution Program, [En línea]. Disponible:
http://www.ieso.ca/imoweb/pubs/consult/mep/LMP_NodalBasics_2004jan14.pdf.
- [67] CAISO, «Locational Marginal Pricing (LMP): Basics of nodal Price Calculation (Manual),» MRTU, [En línea]. Disponible:
<http://www.caiso.com/docs/2004/02/13/200402131607358643.pdf>. [Último acceso: 20 Julio 2016].
- [68] V. Krishna, *Auction Theory*, London: Elsevier, 2010.
- [69] L. Maurer y L. Barroso, *Electricity Auctions, an overview of efficient practices*, Washington: The World Bank, 2011.
- [70] S. Schöne, *Auction in the Electricity Market, bidding when production capacity is constrained*, Berlin: Springer, 2009.
- [71] F. Boisseleau, *The Role of Power Exchanges for the Creation of a Single European Electricity Market: Market Design and Market Regulation (Tesis de doctorado)*, University of Paris IX Dauphine: Delf University Press, 2004.
- [72] C. Verdugo, *Role of the Physical Power Exchanges in the Electricity Wholsale Market (Tesis Maestria)*, Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2008.
- [73] I. Pérez-Arriaga y C. Meseguer, «Wholsale Marginal Prices in Competitive Generation Markets ,» *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 12, nº 2, pp. 710-717, 1997.
- [74] S. Borenstein, «The Trouble with Electricity Markets, and some solution (Artículo),» University of California Institute, Power Working Paper PWP-081, 2001.
- [75] M. Caramanis, «Investment Decisions and Long-Term Planning Under Electricity Spot Pricing ,» *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems*, Vols. %1 de %2PAS-101, nº 12, pp. 4640-4648, 1982.
- [76] C. Vázquez, M. Rivier y I. Pérez-Arriaga, «A Market Approach to Long-Term Security of Supply ,» *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 17, nº 2, pp. 349-357, 2002.
- [77] M. Chupka, R. Earle, P. Fox-Penner y R. Hledik, «Transforming America's Power Industry: The Investment Challenge 2010 - 2030 (Artículo),» The Edison Foundation, [En línea]. Disponible:
http://www.eei.org/ourissues/finance/Documents/Transforming_Americas_Power_Industry_Exec_Summary.pdf.
-

-
- [78] C. Batlle, L. Barroso y I. Pérez-Arriga, «The changing role of the State in the expansion of electricity supply in Latin America (Artículo),» *ITT Working Paper*, doi: 10.1016, 2010.
- [79] New Jersey Statewide, «Basic Generation Service, Electricity Supply Auction (Artículo),» EDCs, PSE&G, JCP&L, ACE, RECO, [En línea]. Disponible: <http://www.bgs-auction.com/bgs.auction.overview.asp>.
- [80] C. Batlle y L. Barroso, «Review of Support Schemes for Renewable Energy Sources in South America (Artículo),» *Center for Energy and Environmental Policy Research*, nº 11-001, 2011.
- [81] F. Sioshansi, *Evolution of Global Electricity Markets, New Paradigms, New Challenges, New Approaches*, London: Elsevier, 2013.
- [82] Secretaría de Energía, «Base 8 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [83] Secretaría de Energía, «Base 9 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [84] Secretaría de Energía, «Programa de Desarrollo del Sistema Eléctrico Nacional 2015 - 2029,» 2015. [En línea]. Disponible: http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/54139/PRODESEN_FINAL_INTEGRADO_04_agosto_Indice_OK.pdf.
- [85] Comisión Reguladora de energía, «Preguntas frecuentes sobre la nueva regulación en temas eléctricos (Guía),» [En línea]. Disponible: <http://www.cre.gob.mx/documento/faq-regulacion-electricos.pdf>. [Último acceso: 28 Agosto 2016].
- [86] F. Lévêque, *Competitive Electricity Markets and Sustainability*, 1 ed., Edward Elgar Publishing Inc., 2006.
- [87] R. Cornelio, *Aplicación de Derechos Financieros al Sistema de Transmisión de Perú con Cobertura contra Riesgos derivados de la Congestión (Tesis de licenciatura)*, Perú: PUCP, 2009.
- [88] Secretaría de Energía, «Base 13 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [89] Secretaría de Energía, «Base 11 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.

-
- [90] H. Aghazadeh, *Principles of Marketology*, Volume 1 , Houndmills, Basingstoke, Hampshire: Palgrave Macmillan, Hashem Aghazadeh©, 2016.
- [91] H. Zhao, C. Liang y Z. Quin, «The Study of Electricity Market Monitoring Index System (Artículo),» *International Workshop on Modelling, Simulation and Optimization*, nº 10416431, 2008.
- [92] D. Patton, «Market Monitoring in MISO; Scope and Processes (Reporte),» Midcontinent Independent System Operator, 23 Septiembre 2015. [En línea]. Disponible: <https://www.misoenergy.org/Library/Repository/Meeting%20Material/Stakeholder/BOD/Markets%20Committee/2015/20150923/20150923%20Markets%20Committee%20of%20the%20BOD%20Item%2005%20IMM%20Scope%20and%20Process.pdf>.
- [93] A. Mas-Colell, M. Dennis y J. Green, *Microeconomic Theory* , Oxford University Press, 1995.
- [94] S. Stoft, *Power System Economics, Designing Markets for Electricity* , IEEE press & John Wiley & sons, 2002.
- [95] R. Thomas, «Market Monitoring and Mitigation: Impacts on System Reliability (artículo),» *Power Engineering Society General Meeting. IEEE*, vol. 10.1109/PES, nº 8358839, 2004.
- [96] A. Rahimi y A. Sheffrin, «Effective Market Monitoring in Deregulated Electricity Markets ,» *IEEE Transactions on power systems*, vol. 18, nº 2, pp. 486-493, 2003.
- [97] A. Rahimi, «Energy Market Monitoring and Mitigation: Past Lessons and Current Issues ,» *Power Systems Conference and Exposition IEEE*, nº 8510512, 2004.
- [98] K. Arrow y F. Hahn, *General Competitive Analysis* , New York: Elsevier Science Publishers, 1971.
- [99] K. Petrov, «Market Power and Market Monitoring (Artículo),» 9th Baltic Electricity Market Mini-Forum, 2009. [En línea]. Disponible: http://www.ceer.eu/portal/page/portal/EER_HOME/EER_ACTIVITIES/EER_INITIATIVES/ERl/Baltic.
- [100] S. Papageorgiou, «Wholesale Energy Market Monitoring: ACER and the Technical Implementation of REMIT (Artículo),» *5th International Youth Conference on Energy*, vol. 15450377, 2015.
- [101] O. Ruksans, I. Oleinikova y G. Junghans, «Electricity Market Integration and Monitoring in Baltics,» *11th International Conference on the European Energy Market (EEM)* , nº 14469115, 2014.
-

- [102] CAISO, «Predicting Market Power Using the Residual Supply Index (Manual) presented to FERC Market Monitoring Workshop,» Sheffrin, Anjali (Department of Market Analysis), Diciembre 2002. [En línea]. Disponible:
https://www.caiso.com/Documents/PredictingMarketPowerUsingResidualSupplyIndex_AnjaliSheffrin_FERCMarketMonitoringWorkshop_December3-4_2002.pdf.
- [103] PJM, «The Competitiveness of PJM Markets (Manual),» Joe Bowring, Market monitor, PJM regulatoru conference, 26 Abril 2006. [En línea]. Disponible:
<http://www.monitoringanalytics.com/reports/Presentations/2006/20060426-market-competitiveness-regulatory-conference-mmu.pdf>.
- [104] J. Baker y T. Bresnahan, «Empirical Methods of Identifying and Measuring Market Power (Artículo),» *Antitrust Law Journal*, vol. 61, nº 1, pp. 3-16, 1992.
- [105] V. Marques, I. Soares y A. Fortunato, «Measuring Market Power in the Wholesale electricity Iberian Market through the Residual Demand curve elasticity ,» *5th International Conference on European Electricity Market IEEE*, nº 10114328, 2008.
- [106] Public Utility Commisision of Texas, «Wholesale Market Document and Projects (Reportes),» Annual ERCOT State of the Market Reports (IMM), [En línea]. Disponible:
http://www.puc.texas.gov/industry/Electric/reports/ERCOT_annual_reports/Default.aspx.
- [107] L. Jeremiah, Energy companies and market reform: How deregulation went wrong , Oklahoma: PennWell, 2006.
- [108] Secretaria de Energía, «Manual de Mercado de Energía en Corto Plazo,» 2016. [En línea]. Disponible:
<http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/ManualesMercado.aspx>.
- [109] A. Wood y B. Wollenberg, Power Generation, Operation, and Control , 2 ed., Jhon Wiley & Sons, 1996.
- [110] O. Elgerd, Electric Energy Systems Theory: An Introduction , 2 ed., TMH - McGraw-Hill, 1973.
- [111] Secretaria de Energía, «Base 10 del Mercado Eléctrico,» 2015. [En línea]. Disponible:
<http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MarcoRegulatorio/BasesMercado.aspx>.
- [112] A. Gómez, C. A y C. C, Electric Energy Systems Analysis and Operation , 1 ed., CRC Press by Taylor & Francis Group, 2009.
- [113] J. Zhu, Optimization of Power System Operation , 1 ed., Jhon Wiley & Sons, IEEE, 2009.

-
- [114] I. Rodriguez, R. Rosas, J. Robles y R. Mota, «Despacho económico en el sistema eléctrico desregulado Mexicano ,» *IEEE EDU-19 RVP-AI*, 2016.
- [115] R. Mota, Técnicas computacionales eficientes aplicadas al análisis de los sistemas eléctricos de potencia (Tesis de maestría), México, D.F.: IPN - SEPI, 1980.
- [116] E. Chong y S. Zak, *An Introduction to Optimization* , 2 ed., Jhon Wiley & Sons, 2001.
- [117] Y. Fu y Z. LI, «Different models and properties on LMP calculations ,» *IEEE Institute of Technology*, 2006.
- [118] J. Momoh y L. Mili, *Economic Market Design and Planning for Electric Power Systems* , Jhon Wiley & Sons - IEEE, 2010.
- [119] PWC, México., «Resumen del anteproyecto de bases del mercado eléctrico,» [En línea]. Disponible: <https://www.pwc.com/mx/es/industrias/energia/archivo/2015-03-anteproyecto-mercado.pdf>. [Último acceso: 05 Julio 2016].
- [120] Comisión Reguladora de Energía, «RESOLUCIÓN por la que la Comisión Reguladora de Energía establece el requisito mínimo que deberán cumplir los suministradores y los usuarios calificados participantes del mercado para adquirir potencia en términos del artículo 12, fracción XXI, de la LIE,» 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.gob.mx/cre/articulos/requisito-minimo-que-deberan-cumplir-los-suministradores-y-los-usuarios-calificados-participantes-del-mercado-para-adquirir-potencia?idiom=es>.
- [121] Centro Nacional del Control de la Energía, «Bases de licitación de la subasta de largo plazo SLP-1/2016,» 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.cenace.gob.mx/Paginas/Publicas/MercadoOperacion/SubastasLP.aspx>.
- [122] W. L. Ludlow., «Revision de los resultados de la subasta de largo plazo SLP No.1/2015 (Reporte),» CMS., México., [En línea]. Disponible: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/94674/Revisi_n_de_los_resultados_de_la_Subasta_SLP_N12015_por_CMS_y_WLL_24_mayo_2016.pdf. [Último acceso: 05 Agosto 2016].
- [123] BANXICO, «Precio del dólar para la fecha del 11 de julio del 2016,» [En línea]. Disponible: <http://www.banxico.org.mx/dyn/portal-mercado-cambiario/index.html>. [Último acceso: 21 Agosto 2016].

-
- [124] Secretaría de hacienda y crédito publico, «Taza de descuento social (Publicacion del valor actual),» 1 Julio 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.gob.mx/shcp/documentos/tasa-social-de-descuento-tsd>.
- [125] S. Parnandi, Power Market Analysis Tool for Congestion Management , Morgantown: West Virginia University, 2007.
- [126] B. Darryl y R. Mohammad, The economics of electricity markets , IEEE, Ed., S. Gate, Chichester, W. Sussex: John Wiley & Sons, 2014.
- [127] ABA SECTION OF ANTITRUST LAW , ENERGY ANTITRUST HANDBOOK, 2 ed., Chicago, Illinois: American Bar Association, 2009.
- [128] MHRD, IISc, IIT, «Nacional Programme on Technology Enhanced Learning (Manual de enseñanza),» Ministry of Human Resource Development, [En línea]. Disponible: <http://nptel.ac.in/courses/108101005/23>. [Último acceso: 27 Septiembre 2016].
- [129] Petroleos Mexicanos, «Análisis diario de mercado de gas natural (Reporte),» 11 Julio 2016. [En línea]. Disponible: <http://www.gas.pemex.com.mx/PGPB/Productos+y+servicios/Coberturas+de+gas+natural/An%C3%A1lisis+diario/>.
- [130] A. Rahimi y A. Sheffrin, «Effective Market Monitoring in Deregulated Electricity Markets ,» *IEEE Transactions on Power Systems*, vol. 18, nº 2, pp. 486-493, 2003.

APÉNDICE A “RED DE PRUEBA 118 NODOS”

A continuación se muestran los datos necesarios para realizar las simulaciones del alcance de la tesis. La red de prueba utilizada es la IEEE 118 nodos, 54 unidades, 24 horas [43].

La red está tipificada por zonas como se muestra en la Figura. A.1

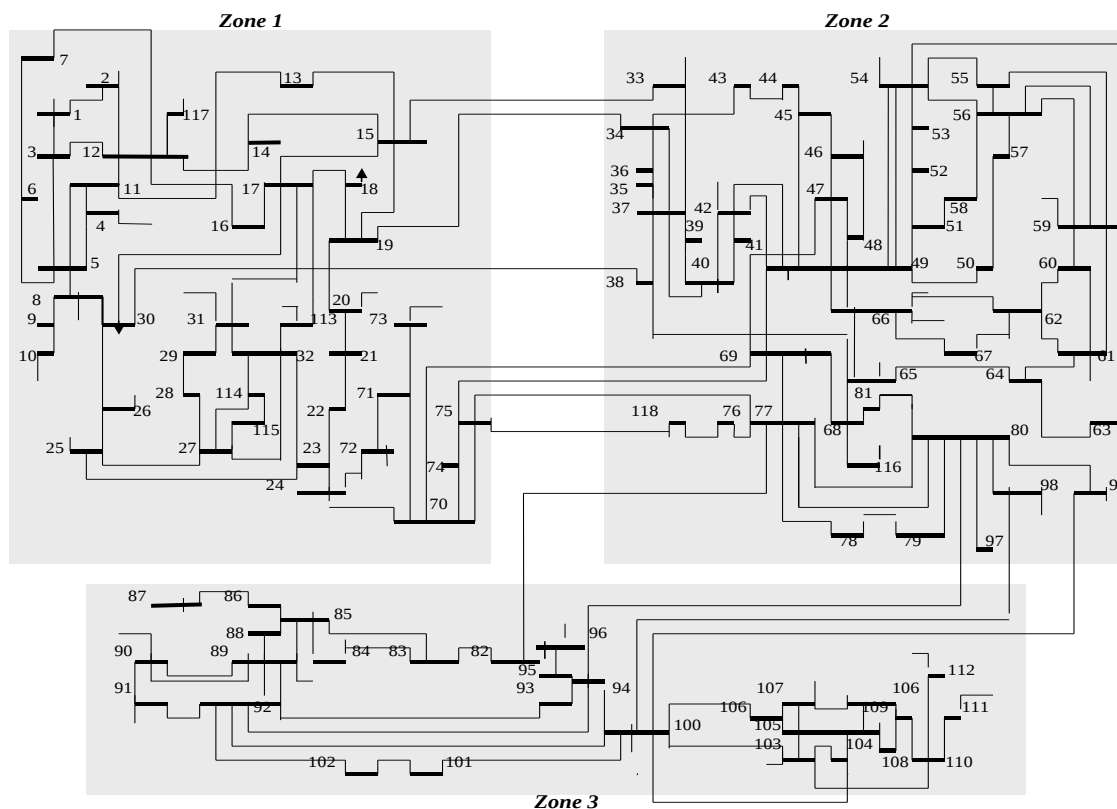


Figura. A. 1 Zonas del sistema de prueba

Mientras que los datos de generadores, elementos de transmisión, demanda horaria y perfil de distribución de carga se muestran a continuación:

Tabla A. 1 Datos de generadores.

U	Bus No.	Coeficientes de la curva Hate-Rate			Pmax (MW)	Pmin (MW)	Estado inicial (h)	Tiempo mínimo paro (h)	Tiempo mínimo operación (h)	Consumo de arranque. (MBtu)
		a (MBtu)	b (MBtu/MW)	c (MBtu/MW ²)						
1	4	31.67	26.2438	0.069663	30	5	1	1	1	40
2	6	31.67	26.2438	0.069663	30	5	1	1	1	40
3	8	31.67	26.2438	0.069663	30	5	1	1	1	40
4	10	6.78	12.8875	0.010875	300	150	8	8	8	440
5	12	6.78	12.8875	0.010875	300	100	8	8	8	110
6	15	31.67	26.2438	0.069663	30	10	1	1	1	40
7	18	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
8	19	31.67	26.2438	0.069663	30	5	1	1	1	40
9	24	31.67	26.2438	0.069663	30	5	1	1	1	40
10	25	6.78	12.8875	0.010875	300	100	8	8	8	100
11	26	32.96	10.7600	0.003000	350	100	8	8	8	100
12	27	31.67	26.2438	0.069663	30	8	1	1	1	40
13	31	31.67	26.2438	0.069663	30	8	1	1	1	40
14	32	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
15	34	31.67	26.2438	0.069663	30	8	1	1	1	40
16	36	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
17	40	31.67	26.2438	0.069663	30	8	1	1	1	40
18	42	31.67	26.2438	0.069663	30	8	1	1	1	40
19	46	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	59
20	49	28	12.3299	0.002401	250	50	8	8	8	100
21	54	28	12.3299	0.002401	250	50	8	8	8	100
22	55	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
23	56	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
24	59	39	13.2900	0.004400	200	50	10	8	8	100
25	61	39	13.2900	0.004400	200	50	10	8	8	100

Tabla A. 2 Datos de generadores (continuación).

U	Bus No.	Coeficientes de la curva Hate-Rate			Pmax (MW)	Pmin (MW)	Estado inicial (h)	Tiempo mínimo paro (h)	Tiempo mínimo operación (h)	Consumo de arranque. (MBtu)
		a (MBtu)	b (MBtu/MW)	c (MBtu/MW ²)						
26	62	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
27	65	64.16	8.3391	0.010590	420	100	10	10	10	250
28	66	64.16	8.3391	0.010590	420	100	10	10	10	250
29	69	6.78	12.8875	0.010875	300	80	10	8	8	100
30	70	74.33	15.4708	0.045923	80	30	4	4	4	45
31	72	31.67	26.2438	0.069663	30	10	1	1	1	40
32	73	31.67	26.2438	0.069663	30	5	1	1	1	40
33	74	17.95	37.6968	0.028302	20	5	1	1	1	30
34	76	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
35	77	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
36	80	6.78	12.8875	0.010875	300	150	10	8	8	440
37	82	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
38	85	31.67	26.2438	0.069663	30	10	1	1	1	40
39	87	32.96	10.7600	0.003000	300	100	10	8	8	440
40	89	6.78	12.8875	0.010875	200	50	10	8	8	400
41	90	17.95	37.6968	0.028302	20	8	1	1	1	30
42	91	58.81	22.9423	0.009774	50	20	1	1	1	45
43	92	6.78	12.8875	0.010875	300	100	8	8	8	100
44	99	6.78	12.8875	0.010875	300	100	8	8	8	100
45	100	6.78	12.8875	0.010875	300	100	8	8	8	110
46	103	17.95	37.6968	0.028302	20	8	1	1	1	30
47	104	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
48	105	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
49	107	17.95	37.6968	0.028302	20	8	1	1	1	30
50	110	58.81	22.9423	0.009774	50	25	2	2	2	45
51	111	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
52	112	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
53	113	10.15	17.8200	0.012800	100	25	5	5	5	50
54	118	58.81	22.9423	0.009774	50	25	2	2	2	45

Tabla A. 3 Datos de la red de transmisión.

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Limite (MW)
1	1	2	0.0303	0.0999	0.0254	175
2	1	3	0.0129	0.0424	0.01082	175
3	4	5	0.00176	0.00798	0.0021	500
4	3	5	0.0241	0.108	0.0284	175
5	5	6	0.0119	0.054	0.01426	175
6	6	7	0.00459	0.0208	0.0055	175
7	8	9	0.00244	0.0305	1.162	500
8	8	5	0	0.0267	0	500
9	9	10	0.00258	0.0322	1.23	500
10	4	11	0.0209	0.0688	0.01748	175
11	5	11	0.0203	0.0682	0.01738	175
12	11	12	0.00595	0.0196	0.00502	175
13	2	12	0.0187	0.0616	0.01572	175
14	3	12	0.0484	0.16	0.0406	175
15	7	12	0.00862	0.034	0.00874	175
16	11	13	0.02225	0.0731	0.01876	175
17	12	14	0.0215	0.0707	0.01816	175
18	13	15	0.0744	0.2444	0.06268	175
19	14	15	0.0595	0.195	0.0502	175
20	12	16	0.0212	0.0834	0.0214	175
21	15	17	0.0132	0.0437	0.0444	500
22	16	17	0.0454	0.1801	0.0466	175
23	17	18	0.0123	0.0505	0.01298	175
24	18	19	0.01119	0.0493	0.01142	175
25	19	20	0.0252	0.117	0.0298	175
26	15	19	0.012	0.0394	0.0101	175
27	20	21	0.0183	0.0849	0.0216	175
28	21	22	0.0209	0.097	0.0246	175
29	22	23	0.0342	0.159	0.0404	175
30	23	24	0.0135	0.0492	0.0498	175

Tabla A. 4 Datos de la red de transmisión (continuación).

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Limite (MW)
31	23	25	0.0156	0.08	0.0864	500
32	26	25	0	0.0382	0	500
33	25	27	0.0318	0.163	0.1764	500
34	27	28	0.01913	0.0855	0.0216	175
35	28	29	0.0237	0.0943	0.0238	175
36	30	17	0	0.0388	0	500
37	8	30	0.00431	0.0504	0.514	175
38	26	30	0.00799	0.086	0.908	500
39	17	31	0.0474	0.1563	0.0399	175
40	29	31	0.0108	0.0331	0.0083	175
41	23	32	0.0317	0.1153	0.1173	140
42	31	32	0.0298	0.0985	0.0251	175
43	27	32	0.0229	0.0755	0.01926	175
44	15	33	0.038	0.1244	0.03194	175
45	19	34	0.0752	0.247	0.0632	175
46	35	36	0.00224	0.0102	0.00268	175
47	35	37	0.011	0.0497	0.01318	175
48	33	37	0.0415	0.142	0.0366	175
49	34	36	0.00871	0.0268	0.00568	175
50	34	37	0.00256	0.0094	0.00984	500
51	38	37	0	0.0375	0	500
52	37	39	0.0321	0.106	0.027	175
53	37	40	0.0593	0.168	0.042	175
54	30	38	0.00464	0.054	0.422	175
55	39	40	0.0184	0.0605	0.01552	175
56	40	41	0.0145	0.0487	0.01222	175
57	40	42	0.0555	0.183	0.0466	175
58	41	42	0.041	0.135	0.0344	175
59	43	44	0.0608	0.2454	0.06068	175
60	34	43	0.0413	0.1681	0.04226	175

Tabla A. 5 Datos de la red de transmisión (continuación).

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Limite (MW)
61	44	45	0.0224	0.0901	0.0224	175
62	45	46	0.04	0.1356	0.0332	175
63	46	47	0.038	0.127	0.0316	175
64	46	48	0.0601	0.189	0.0472	175
65	47	49	0.0191	0.0625	0.01604	175
66	42	49	0.1615	0.0357	0.086	350
67	45	49	0.0684	0.186	0.0444	175
68	48	49	0.0179	0.0505	0.01258	175
69	49	50	0.0267	0.0752	0.01874	175
70	49	51	0.0486	0.137	0.0342	175
71	51	52	0.0203	0.0588	0.01396	175
72	52	53	0.0405	0.1635	0.04058	175
73	53	54	0.0263	0.122	0.031	175
74	49	54	0.1449	0.0396	0.0738	350
75	54	55	0.0169	0.0707	0.0202	175
76	54	56	0.00275	0.00955	0.00732	175
77	55	56	0.00488	0.0151	0.00374	175
78	56	57	0.0343	0.0966	0.0242	175
79	50	57	0.0474	0.134	0.0332	175
80	56	58	0.0343	0.0966	0.0242	175
81	51	58	0.0255	0.0719	0.01788	175
82	54	59	0.0503	0.2293	0.0598	175
83	56	59	0.1224	0.0406	0.0569	350
84	55	59	0.04739	0.2158	0.05646	175
85	59	60	0.0317	0.145	0.0376	175
86	59	61	0.0328	0.15	0.0388	175
87	60	61	0.00264	0.0135	0.01456	500

Tabla A. 6 Datos de la red de transmisión (continuación).

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Limite (MW)
88	60	62	0.0123	0.0561	0.01468	175
89	61	62	0.00824	0.0376	0.0098	175
90	63	59	0	0.0386	0	500
91	63	64	0.00172	0.02	0.216	500
92	64	61	0	0.0268	0	500
93	38	65	0.00901	0.0986	1.046	500
94	64	65	0.00269	0.0302	0.38	500
95	49	66	0.04595	0.009	0.0248	1000
96	62	66	0.0482	0.218	0.0578	175
97	62	67	0.0258	0.117	0.031	175
98	65	66	0	0.037	0	500
99	66	67	0.0224	0.1015	0.02682	175
100	65	68	0.00138	0.016	0.638	500
101	47	69	0.0844	0.2778	0.07092	175
102	49	69	0.0985	0.324	0.0828	175
103	68	69	0	0.037	0	500
104	69	70	0.03	0.127	0.122	500
105	24	70	0.00221	0.4115	0.10198	175
106	70	71	0.00882	0.0355	0.00878	175
107	24	72	0.0488	0.196	0.0488	175
108	71	72	0.0446	0.18	0.04444	175
109	71	73	0.00866	0.0454	0.01178	175
110	70	74	0.0401	0.1323	0.03368	175
111	70	75	0.0428	0.141	0.036	175
112	69	75	0.0405	0.122	0.124	500
113	74	75	0.0123	0.0406	0.01034	175
114	76	77	0.0444	0.148	0.0368	175
115	69	77	0.0309	0.101	0.1038	175
116	75	77	0.0601	0.1999	0.04978	175

Tabla A. 7 Datos de la red de transmisión (continuación).

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Limite (MW)
117	77	78	0.00376	0.0124	0.01264	175
118	78	79	0.00546	0.0244	0.00648	175
119	77	80	0.03317	0.01077	0.0472	1000
120	79	80	0.0156	0.0704	0.0187	175
121	68	81	0.00175	0.0202	0.808	500
122	81	80	0	0.037	0	500
123	77	82	0.0298	0.0853	0.08174	200
124	82	83	0.0112	0.03665	0.03796	200
125	83	84	0.0625	0.132	0.0258	175
126	83	85	0.043	0.148	0.0348	175
127	84	85	0.0302	0.0641	0.01234	175
128	85	86	0.035	0.123	0.0276	500
129	86	87	0.02828	0.2074	0.0445	500
130	85	88	0.02	0.102	0.0276	175
131	85	89	0.0239	0.173	0.047	175
132	88	89	0.0139	0.0712	0.01934	500
133	89	90	0.06514	0.01630	0.0528	1000
134	90	91	0.0254	0.0836	0.0214	175
135	89	92	0.0382	0.0079	0.0548	1000
136	91	92	0.0387	0.1272	0.03268	175
137	92	93	0.0258	0.0848	0.0218	175
138	92	94	0.0481	0.158	0.0406	175
139	93	94	0.0223	0.0732	0.01876	175
140	94	95	0.0132	0.0434	0.0111	175
141	80	96	0.0356	0.182	0.0494	175
142	82	96	0.0162	0.053	0.0544	175
143	94	96	0.0269	0.0869	0.023	175

Tabla A. 8 Datos de la red de transmisión (continuación).

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Limite (MW)
144	80	97	0.0183	0.0934	0.0254	175
145	80	98	0.0238	0.108	0.0286	175
146	80	99	0.0454	0.206	0.0546	200
147	92	100	0.0648	0.295	0.0472	175
148	94	100	0.0178	0.058	0.0604	175
149	95	96	0.0171	0.0547	0.01474	175
150	96	97	0.0173	0.0885	0.024	175
151	98	100	0.0397	0.179	0.0476	175
152	99	100	0.018	0.0813	0.0216	175
153	100	101	0.0277	0.1262	0.0328	175
154	92	102	0.0123	0.0559	0.01464	175
155	101	102	0.0246	0.112	0.0294	175
156	100	103	0.016	0.0525	0.0536	500
157	100	104	0.0451	0.204	0.0541	175
158	103	104	0.0466	0.1584	0.0407	175
159	103	105	0.0535	0.1625	0.0408	175
160	100	106	0.0605	0.229	0.062	175
161	104	105	0.00994	0.0378	0.00986	175
162	105	106	0.014	0.0547	0.01434	175
163	105	107	0.053	0.183	0.0472	175
164	105	108	0.0261	0.0703	0.01844	175
165	106	107	0.053	0.183	0.0472	175
166	108	109	0.0105	0.0288	0.0076	175
167	103	110	0.03906	0.1813	0.0461	175
168	109	110	0.0278	0.0762	0.0202	175
169	110	111	0.022	0.0755	0.02	175
170	110	112	0.0247	0.064	0.062	175
171	17	113	0.00913	0.0301	0.00768	175
172	32	113	0.0615	0.203	0.0518	500
173	32	114	0.0135	0.0612	0.01628	175

Tabla A. 9 Datos de la red de transmisión (continuación).

No.	De Bus	A Bus	R (pu)	X (pu)	B (pu)	Limite (MW)
174	27	115	0.0164	0.0741	0.01972	175
175	114	115	0.0023	0.0104	0.00276	175
176	68	118	0.00034	0.00405	0.164	500
177	12	117	0.0329	0.14	0.0358	175
178	75	116	0.0145	0.0481	0.01198	175
179	76	116	0.0164	0.0544	0.01356	175

Tabla A. 10 Demanda horaria.

H	Potencia. (MW)	H	Potencia. (MW)
1	4200	13	4800
2	3960	14	4560
3	3480	15	5280
4	2400	16	5400
5	3000	17	5100
6	3600	18	5340
7	4200	19	5640
8	4680	20	5880
9	4920	21	6000
10	5280	22	5400
11	5340	23	5220
12	5040	24	4920

Tabla A. 11 Distribución de carga.

Nodo.	Potencia (MW)	Nodo.	Potencia (MW)	Nodo.	Potencia (MW)	Nodo.	Potencia (MW)
1	54.14	32	62.63	57	12	93	12
2	21.23	33	24.42	58	12	94	30
3	41.4	34	62.63	59	277	95	42
4	31.85	35	35.03	60	78	96	38
6	55.2	36	32.91	62	77	97	15
7	20.17	39	27	66	39	98	34
11	74.31	40	20	67	28	100	37
12	49.89	41	37	70	66	101	22
13	36.09	42	37	74	68	102	5
14	14.86	43	18	75	47	103	23
15	95.54	44	16	76	68	104	38
16	26.54	45	53	77	61	105	31
17	11.68	46	28	78	71	106	43
18	63.69	47	34	79	39	107	28
19	47.77	48	20	80	130	108	2
20	19.11	49	87	82	54	109	8
21	14.86	50	17	83	20	110	39
22	10.62	51	17	84	11	112	25
23	7.43	52	18	85	24	114	8.49
27	65.82	53	23	86	21	115	23.35
28	18.05	54	113	88	48	116	33
29	25.48	55	63	90	78	117	21.23
31	45.65	56	84	92	65		

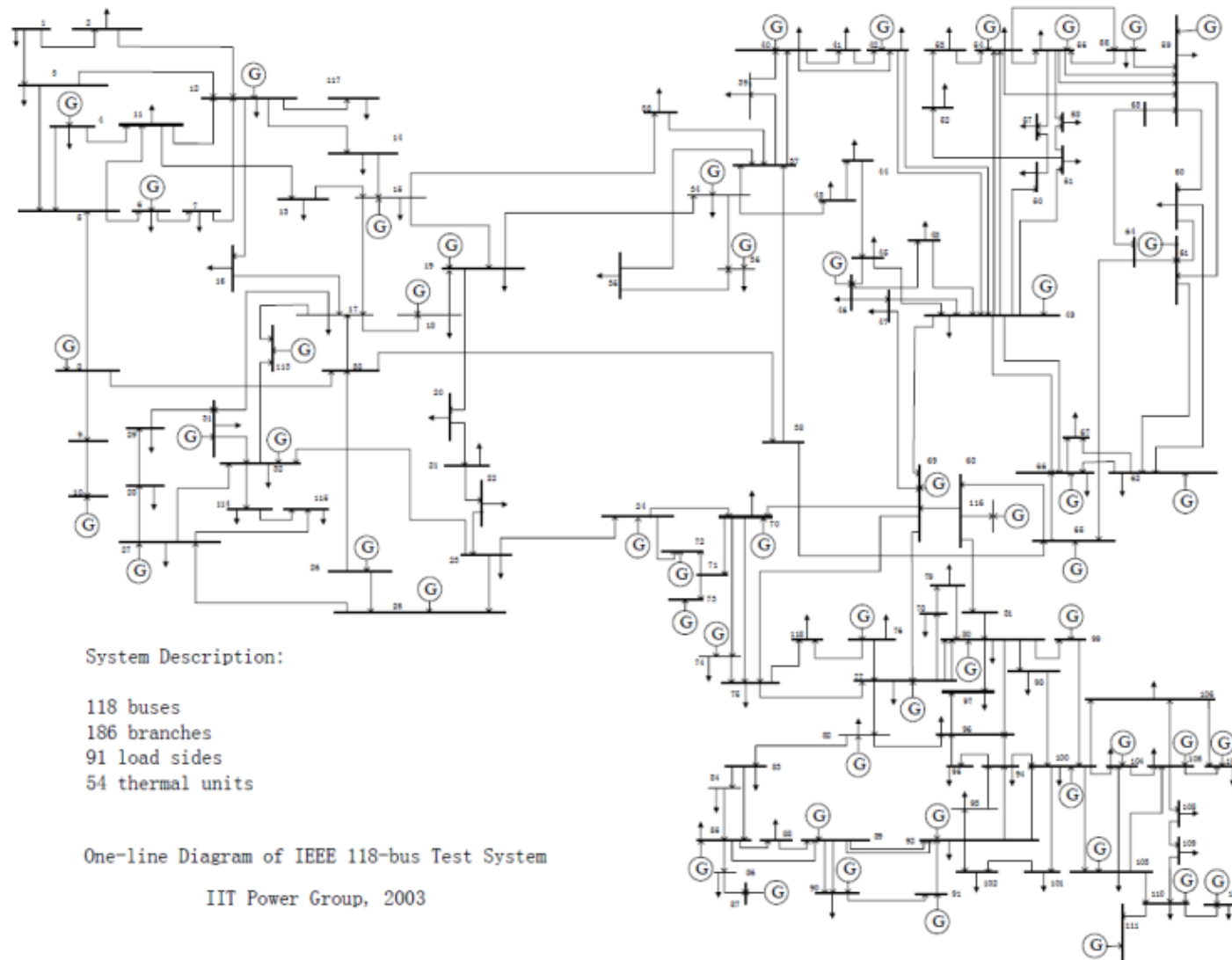


Figura. A. 2 Diagrama unifilar sistema 118 nodos

APÉNDICE B “OFERTAS MARGINALES”

A continuación se muestran las ofertas marginales de las 54 unidades térmicas, seccionadas en once escalones se muestran solo dos decimales con propósito de espacio sin embargo los cálculos en los algoritmos utilizaron seis.

Tabla B. 1 Oferta marginal de compra.

Escalón	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	U
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	1
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	3
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	4
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	5
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	18.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	6
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	7
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	8
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	9
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	10
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	18.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	

Tabla B. 2 Oferta marginal de compra (continuación).

Escalon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	U
Pmax-Esc (MW)	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	31.82	11
Pmin-Esc (MW)	31.82	31.82	31.82	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	10.95	11.14	11.33	11.52	11.71	11.91	12.10	12.29	12.48	12.67	12.86	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	12
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	13
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	14
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	15
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	16
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	17
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	18
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	19
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	20
Pmin-Esc (MW)	22.73	22.73	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	12.44	12.55	12.66	12.77	12.88	12.98	13.09	13.20	13.31	13.42	13.53	
Pmax-Esc (MW)	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	21
Pmin-Esc (MW)	22.73	22.73	4.55	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	12.44	12.55	12.66	12.77	12.88	12.98	13.09	13.20	13.31	13.42	13.53	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	22
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	

Tabla B. 3 Oferta marginal de compra (continuación).

Escalon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	U
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	23
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	24
Pmin-Esc (MW)	18.18	18.18	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.45	13.61	13.77	13.93	14.09	14.25	14.41	14.57	14.73	14.89	15.05	
Pmax-Esc (MW)	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	25
Pmin-Esc (MW)	18.18	18.18	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.45	13.61	13.77	13.93	14.09	14.25	14.41	14.57	14.73	14.89	15.05	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	26
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	27
Pmin-Esc (MW)	38.18	38.18	23.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	9.15	9.96	10.77	11.57	12.38	13.19	14.00	14.81	15.62	16.43	17.23	
Pmax-Esc (MW)	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	38.18	28
Pmin-Esc (MW)	38.18	38.18	23.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	9.15	9.96	10.77	11.57	12.38	13.19	14.00	14.81	15.62	16.43	17.23	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	29
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	25.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	
Pmax-Esc (MW)	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	7.27	30
Pmin-Esc (MW)	7.27	7.27	7.27	7.27	0.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	16.14	16.81	17.47	18.14	18.81	19.48	20.15	20.81	21.48	22.15	22.82	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	31
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	32
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	33
Pmin-Esc (MW)	1.82	1.82	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	37.80	37.90	38.01	38.11	38.21	38.31	38.42	38.52	38.62	38.73	38.83	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	34
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	

Tabla B. 4 Oferta marginal de compra (continuación).

Escalon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	U
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	35
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	36
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	37
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	2.73	38
Pmin-Esc (MW)	2.73	2.73	2.73	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	26.62	27.00	27.38	27.76	28.14	28.52	28.90	29.28	29.66	30.04	30.42	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	39
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	18.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	10.92	11.09	11.25	11.41	11.58	11.74	11.91	12.07	12.23	12.40	12.56	
Pmax-Esc (MW)	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	18.18	40
Pmin-Esc (MW)	18.18	18.18	13.64	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.28	13.68	14.07	14.47	14.86	15.26	15.66	16.05	16.45	16.84	17.24	
Pmax-Esc (MW)	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	41
Pmin-Esc (MW)	1.82	1.82	1.82	1.82	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	37.80	37.90	38.01	38.11	38.21	38.31	38.42	38.52	38.62	38.73	38.83	
Pmax-Esc (MW)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	42
Pmin-Esc (MW)	4.55	4.55	4.55	4.55	1.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	23.03	23.12	23.21	23.30	23.39	23.48	23.56	23.65	23.74	23.83	23.92	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	43
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	18.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	44
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	18.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	
Pmax-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	27.27	45
Pmin-Esc (MW)	27.27	27.27	27.27	18.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	13.48	14.07	14.67	15.26	15.85	16.45	17.04	17.63	18.23	18.82	19.41	
Pmax-Esc (MW)	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	46
Pmin-Esc (MW)	1.82	1.82	1.82	1.82	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	37.80	37.90	38.01	38.11	38.21	38.31	38.42	38.52	38.62	38.73	38.83	

Tabla B. 5 Oferta marginal de compra (continuación).

Escalon	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	U
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	47
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	48
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	1.82	49
Pmin-Esc (MW)	1.82	1.82	1.82	1.82	0.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	37.80	37.90	38.01	38.11	38.21	38.31	38.42	38.52	38.62	38.73	38.83	
Pmax-Esc (MW)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	50
Pmin-Esc (MW)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	23.03	23.12	23.21	23.30	23.39	23.48	23.56	23.65	23.74	23.83	23.92	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	51
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	52
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	9.09	53
Pmin-Esc (MW)	9.09	9.09	6.82	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	18.05	18.29	18.52	18.75	18.98	19.22	19.45	19.68	19.91	20.15	20.38	
Pmax-Esc (MW)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	54
Pmin-Esc (MW)	4.55	4.55	4.55	4.55	4.55	2.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Consumo (MBTU)	23.03	23.12	23.21	23.30	23.39	23.48	23.56	23.65	23.74	23.83	23.92	

APÉNDICE C “COSTOS DE COMBUSTIBLES”.

A continuación se muestra el análisis diario del mercado de gas natural de Petróleos Mexicanos (PEMEX) con fecha del 11 de julio del 2016 [129].



lunes, 11 de julio de 2016

ANÁLISIS DIARIO DE MERCADO DE GAS NATURAL

PEMEX TRANSFORMACIÓN INDUSTRIAL

Factores de Cambio de Precio en Estados Unidos para el Contrato Futuro

Clima	A la Baja	↘
Consumo	A la Baja	↘
Cambio Carbón Gas Natural	Alcista	↗
Generación Hidroeléctrica	A la Baja	↘
Generación Nuclear	Alcista	↗
Producción	Alcista	↗
LNG	Sin Cambios	→
Conclusión	Alcista	↗

Variaciones de Mercado Futuro

NYMEX Henry Hub Front Month	(USD/MMBtu)
Cotización	
AUG6	\$ 2.7400
Precio de Apertura	\$ 2.8190
viernes, 08 de julio de 2016	\$ 2.8010

Referencias de Precio

	jul-16	Variación contra
	Estimado	Índice Anterior
VPM Reynosa (USD/MMBtu)	\$ 2.1003	-\$ 0.031
VPM Cd. Pemex (USD/MMBtu)	\$ 2.3625	-\$ 0.036

Cotizaciones por Calendario

NYMEX Henry Hub	Indicador	(USD/MMBtu)	Variación
Cotización			
2017	↓	\$ 3.1564	- \$ 0.0260
2018	↓	\$ 3.0191	- \$ 0.0260
2019	↓	\$ 2.9876	- \$ 0.0300

Precio de Mercado en Texas, Estados Unidos (Gas Daily)

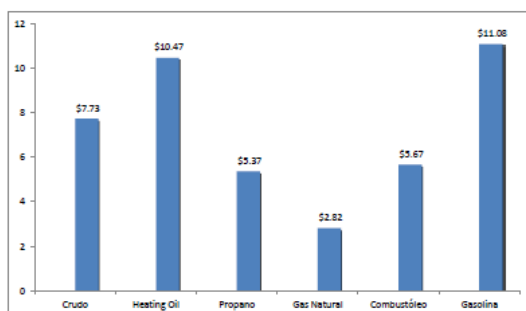
	(USD/MMBtu)
Cierre Midpoint	Rango Común
HENRY HUB	2.770 2.755-2.785
HSCH	2.680 2.675-2.69
KATY	2.695 2.685-2.70
NGPL STX	2.640 2.640-2.64
TENNESSEE	2.590 2.585-2.59
TETCO STX	2.705 2.695-2.71
NGPL TEXOK	2.645 2.635-2.65

	Cierre Midpoint	Rango Común
EL PASO PERMIAN	2.510	2.500-2.52
WAHA	2.570	2.540-2.60
EP BONDAD	2.490	2.485-2.49
EP SAN JUAN	2.500	2.490-2.51

Precios Internacionales

Europa	Midpoint	(USD/MMBtu)
National Balancing Point (NBP), UK	4.52	
Zeebrugge, Bel	4.52	
Asia	Midpoint LNG	(USD/MMBtu)
Japan Korean Marker (JKM)	5.15	

Precios Equivalentes (USD/MMBtu)



Otros Indicadores de Mercado Relacionados

	Cotización	Variación	Cierre
WTI (USD/bil)	\$ 44.97	-\$ 0.44	\$ 45.41
BRENT (USD/bil)	\$ 46.33	-\$ 0.43	\$ 46.76
GASOLINA (USD/Gal)	\$ 1.39	\$ 0.02	\$ 1.37
PROPANO SPOT MT BELVIEU, TX (CVS/Gal)	\$ 49.00	-\$ 0.75	\$ 49.75
PROPANO SPOT CONWAY, KS (CVS/Gal)	\$ 45.84	\$ -	\$ 45.84
OPEP DIARIO(USD/bil)	\$ 42.58	\$ 1.60	
MEZCLA MEXICANA(USD/bil)	\$ 39.05	-\$ 0.52	

APÉNDICE D “OFERTAS HORARIAS”.

A continuación se muestran las ofertas horarias de las 54 unidades térmicas, seccionadas en once escalones se muestra solo un decimal con propósito de espacio sin embargo los cálculos en los algoritmos utilizaron cuatro.

Tabla D. 1 Ofertas Horarias

U	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
1	1169.9	1437.6	1489.4	1531.3	1407.3	1453.0	1431.9	1173.3	1307.8	1620.5	1231.9	1179.2	1212.8	1584.0	1642.9	1293.0	1514.8	1309.2	1400.8	1355.3	1546.0	1454.5	1453.0	1212.8
	1186.6	1458.1	1510.6	1553.1	1427.4	1473.7	1452.3	1190.1	1326.5	1643.7	1249.5	1196.1	1230.1	1606.7	1666.3	1311.4	1536.4	1327.8	1420.8	1374.6	1568.1	1475.3	1473.7	1230.1
	1203.3	1478.6	1531.9	1575.0	1447.5	1494.4	1472.8	1206.8	1345.2	1666.8	1267.1	1212.9	1247.4	1629.3	1689.8	1329.9	1558.0	1346.5	1440.8	1393.9	1590.2	1496.1	1494.4	1247.4
	1219.9	1499.1	1553.1	1596.9	1467.6	1515.2	1493.2	1223.6	1363.8	1689.9	1284.7	1229.7	1264.8	1651.9	1713.2	1348.3	1579.6	1365.2	1460.8	1413.3	1612.2	1516.8	1515.2	1264.8
	1236.6	1519.7	1574.4	1618.7	1487.7	1535.9	1513.7	1240.3	1382.5	1713.0	1302.2	1246.6	1282.1	1674.5	1736.7	1366.8	1601.2	1383.9	1480.8	1432.6	1634.3	1537.6	1535.9	1282.1
	1253.3	1540.2	1595.6	1640.6	1507.8	1556.6	1534.1	1257.0	1401.1	1736.2	1319.8	1263.4	1299.4	1697.1	1760.1	1385.3	1622.9	1402.6	1500.8	1452.0	1656.4	1558.3	1556.6	1299.4
	1270.0	1560.7	1616.9	1662.4	1527.9	1577.4	1554.5	1273.8	1419.8	1759.3	1337.4	1280.2	1316.7	1719.7	1783.6	1403.7	1644.5	1421.3	1520.8	1471.3	1678.4	1579.1	1577.4	1316.7
	1286.7	1581.2	1638.2	1684.3	1547.9	1598.1	1575.0	1290.5	1438.5	1782.4	1355.0	1297.1	1334.0	1742.3	1807.0	1422.2	1666.1	1440.0	1540.8	1490.7	1700.5	1599.9	1598.1	1334.0
	1303.4	1601.7	1659.4	1706.1	1568.0	1618.8	1595.4	1307.3	1457.1	1805.6	1372.6	1313.9	1351.3	1764.9	1830.4	1440.6	1687.7	1458.6	1560.8	1510.0	1722.6	1620.6	1618.8	1351.3
	1320.1	1622.2	1680.7	1728.0	1588.1	1639.6	1615.8	1324.0	1475.8	1828.7	1390.2	1330.7	1368.6	1787.5	1853.9	1459.1	1709.3	1477.3	1580.8	1529.3	1744.6	1641.4	1639.6	1368.6
	1336.8	1642.8	1701.9	1749.8	1608.2	1660.3	1636.3	1340.8	1494.5	1851.8	1407.7	1347.5	1385.9	1810.1	1877.3	1477.5	1731.0	1496.0	1600.8	1548.7	1766.7	1662.1	1660.3	1385.9
2	1662.4	1566.1	1348.8	1592.2	1642.9	1711.1	1225.8	1245.2	1169.9	1192.5	1204.9	1385.1	1439.7	1390.9	1346.8	1447.3	1194.1	1194.2	1649.2	1229.0	1502.1	1691.4	1204.9	1447.3
	1686.1	1588.5	1368.0	1614.9	1666.3	1735.5	1243.3	1263.0	1186.6	1209.5	1222.1	1404.8	1460.3	1410.7	1366.0	1467.9	1211.2	1211.3	1672.7	1246.6	1523.6	1715.5	1222.1	1467.9
	1709.8	1610.8	1387.3	1637.6	1689.8	1759.9	1260.8	1280.8	1203.3	1226.5	1239.3	1424.6	1480.8	1430.6	1385.3	1488.6	1228.2	1228.3	1696.3	1264.1	1545.0	1739.6	1239.3	1488.6
	1733.5	1633.2	1406.5	1660.4	1713.2	1784.3	1278.3	1298.6	1219.9	1243.5	1256.5	1444.4	1501.4	1450.4	1404.5	1509.2	1245.2	1245.4	1719.8	1281.6	1566.5	1763.8	1256.5	1509.2
	1757.3	1655.5	1425.8	1683.1	1736.7	1808.8	1295.8	1316.3	1236.6	1260.5	1273.7	1464.2	1521.9	1470.3	1423.7	1529.9	1262.3	1262.4	1743.3	1299.2	1587.9	1787.9	1273.7	1529.9
	1781.0	1677.9	1445.0	1705.8	1760.1	1833.2	1313.3	1334.1	1253.3	1277.5	1290.9	1483.9	1542.5	1490.1	1442.9	1550.5	1279.3	1279.5	1766.9	1316.7	1609.3	1812.1	1290.9	1550.5
	1804.7	1700.2	1464.3	1728.5	1783.6	1857.6	1330.8	1351.9	1270.0	1294.6	1308.1	1503.7	1563.0	1510.0	1462.1	1571.2	1296.4	1296.5	1790.4	1334.3	1630.8	1836.2	1308.1	1571.2
	1828.5	1722.6	1483.5	1751.3	1807.0	1882.0	1348.3	1369.6	1286.7	1311.6	1325.3	1523.5	1583.6	1529.8	1481.4	1591.8	1313.4	1313.6	1814.0	1351.8	1652.2	1860.3	1325.3	1591.8
	1852.2	1744.9	1502.8	1774.0	1830.5	1906.4	1365.8	1387.4	1303.4	1328.6	1342.5	1543.2	1604.1	1549.7	1500.6	1612.5	1330.5	1330.6	1837.5	1369.4	1673.7	1884.5	1342.5	1612.5
	1875.9	1767.3	1522.0	1796.7	1853.9	1930.9	1383.3	1405.2	1320.1	1345.6	1359.7	1563.0	1624.7	1569.6	1519.8	1633.2	1347.5	1347.6	1861.0	1386.9	1695.1	1908.6	1359.7	1633.2
	1899.6	1789.6	1541.3	1819.4	1877.3	1955.3	1400.8	1423.0	1336.8	1362.6	1376.9	1582.8	1645.2	1589.4	1539.0	1653.8	1364.5	1364.7	1884.6	1404.4	1716.5	1932.8	1376.9	1653.8
3	1389.4	1676.6	1682.6	1246.6	1245.6	1212.1	1469.6	1619.6	1668.1	1232.6	1252.7	1546.6	1329.9	1468.7	1169.9	1626.3	1573.9	1249.8	1672.9	1457.6	1444.3	1724.4	1329.9	1672.9

	1409.3	1700.6	1706.6	1264.4	1263.4	1229.4	1490.6	1642.7	1691.9	1250.2	1270.5	1568.7	1348.9	1489.7	1186.6	1649.5	1596.3	1267.7	1696.7	1478.4	1464.9	1749.0	1348.9	1696.7
	1429.1	1724.5	1730.6	1282.2	1281.2	1246.7	1511.6	1665.8	1715.7	1267.8	1288.4	1590.8	1367.9	1510.7	1203.3	1672.7	1618.8	1285.5	1720.6	1499.2	1485.6	1773.6	1367.9	1720.6
	1448.9	1748.4	1754.6	1300.0	1299.0	1264.0	1532.6	1689.0	1739.5	1285.4	1306.3	1612.8	1386.9	1531.6	1219.9	1695.9	1641.3	1303.4	1744.5	1520.0	1506.2	1798.2	1386.9	1744.5
	1468.8	1772.4	1778.6	1317.8	1316.8	1281.3	1553.5	1712.1	1763.3	1303.0	1324.2	1634.9	1405.8	1552.6	1236.6	1719.1	1663.7	1321.2	1768.4	1540.8	1526.8	1822.8	1405.8	1768.4
	1488.6	1796.3	1802.6	1335.6	1334.5	1298.6	1574.5	1735.2	1787.1	1320.6	1342.1	1657.0	1424.8	1573.5	1253.3	1742.3	1686.2	1339.0	1792.2	1561.6	1547.4	1847.4	1424.8	1792.2
	1508.4	1820.2	1826.6	1353.4	1352.3	1315.9	1595.5	1758.3	1811.0	1338.2	1359.9	1679.1	1443.8	1594.5	1270.0	1765.6	1708.6	1356.9	1816.1	1582.4	1568.0	1872.0	1443.8	1816.1
	1528.3	1844.1	1850.7	1371.2	1370.1	1333.2	1616.5	1781.4	1834.8	1355.8	1377.8	1701.1	1462.8	1615.5	1286.7	1788.8	1731.1	1374.7	1840.0	1603.2	1588.6	1896.7	1462.8	1840.0
	1548.1	1868.1	1874.7	1389.0	1387.9	1350.5	1637.4	1804.5	1858.6	1373.4	1395.7	1723.2	1481.8	1636.4	1303.4	1812.0	1753.6	1392.6	1863.9	1624.0	1609.2	1921.3	1481.8	1863.9
	1567.9	1892.0	1898.7	1406.8	1405.7	1367.8	1658.4	1827.7	1882.4	1391.0	1413.6	1745.3	1500.8	1657.4	1320.1	1835.2	1776.0	1410.4	1887.7	1644.8	1629.9	1945.9	1500.8	1887.7
	1587.7	1915.9	1922.7	1424.6	1423.4	1385.1	1679.4	1850.8	1906.2	1408.6	1431.5	1767.4	1519.7	1678.4	1336.8	1858.4	1798.5	1428.2	1911.6	1665.6	1650.5	1970.5	1519.7	1911.6
4	738.5	672.6	661.7	644.7	768.2	637.0	702.7	687.3	654.5	769.0	669.5	790.1	592.3	655.5	732.3	717.9	644.5	636.7	655.5	873.3	663.3	863.2	669.5	873.3
	771.0	702.2	690.8	673.1	802.1	665.1	733.6	717.6	683.3	802.8	698.9	824.9	618.4	684.3	764.5	749.5	672.9	664.7	684.3	911.7	692.5	901.1	698.9	911.7
	803.5	731.8	719.9	701.4	835.9	693.1	764.5	747.8	712.1	836.6	728.4	859.7	644.5	713.2	796.7	781.1	701.2	692.8	713.1	950.2	721.7	939.1	728.4	950.2
	836.0	761.4	749.0	729.8	869.7	721.1	795.4	778.1	740.9	870.5	757.8	894.4	670.5	742.0	828.9	812.7	729.6	720.8	742.0	988.6	750.9	977.1	757.8	988.6
	868.5	791.0	778.2	758.2	903.5	749.1	826.3	808.3	769.7	904.3	787.3	929.2	696.6	770.9	861.1	844.3	757.9	748.8	770.8	1027.0	780.1	1015.1	787.3	1027.0
	901.0	820.6	807.3	786.5	937.3	777.2	857.3	838.6	798.5	938.1	816.8	964.0	722.7	799.7	893.4	875.9	786.3	776.8	799.7	1065.5	809.3	1053.1	816.8	1065.5
	933.5	850.2	836.4	814.9	971.1	805.2	888.2	868.8	827.3	972.0	846.2	998.7	748.7	828.6	925.6	907.5	814.7	804.8	828.5	1103.9	838.5	1091.0	846.2	1103.9
	966.0	879.8	865.5	843.3	1004.9	833.2	919.1	899.0	856.1	1005.8	875.7	1033.5	774.8	857.4	957.8	939.1	843.0	832.9	857.4	1142.3	867.7	1129.0	875.7	1142.3
	998.5	909.4	894.6	871.7	1038.7	861.3	950.0	929.3	884.9	1039.6	905.1	1068.3	800.9	886.2	990.0	970.6	871.4	860.9	886.2	1180.7	896.9	1167.0	905.1	1180.7
	1031.0	939.0	923.7	900.0	1072.5	889.3	980.9	959.5	913.7	1073.5	934.6	1103.0	826.9	915.1	1022.3	1002.2	899.7	888.9	915.0	1219.2	926.0	1205.0	934.6	1219.2
	1063.5	968.6	952.9	928.4	1106.3	917.3	1011.8	989.8	942.5	1107.3	964.0	1137.8	853.0	943.9	1054.5	1033.8	928.1	916.9	943.9	1257.6	955.2	1243.0	964.0	1257.6
5	615.3	748.0	860.0	804.3	865.4	647.3	692.1	632.0	756.6	812.3	673.7	790.8	642.5	868.4	779.5	876.3	777.2	652.1	744.2	592.3	838.9	695.9	790.8	876.3
	642.4	781.0	897.9	839.7	903.5	675.8	722.5	659.8	789.9	848.0	703.4	825.6	670.8	906.6	813.8	914.8	811.4	680.8	777.0	618.4	875.8	726.5	825.6	914.8
	669.5	813.9	935.7	875.1	941.5	704.3	753.0	687.6	823.2	883.8	733.0	860.4	699.0	944.8	848.1	953.4	845.6	709.5	809.7	644.5	912.7	757.1	860.4	953.4
	696.5	846.8	973.6	910.5	979.6	732.8	783.4	715.4	856.5	919.5	762.7	895.2	727.3	983.0	882.4	992.0	879.8	738.2	842.5	670.5	949.6	787.7	895.2	992.0
	723.6	879.7	1011.4	945.9	1017.7	761.3	813.9	743.2	889.8	955.2	792.3	930.0	755.6	1021.2	916.7	1030.5	914.0	766.9	875.2	696.6	986.6	818.3	930.0	1030.5
	750.7	912.6	1049.2	981.3	1055.8	789.7	844.3	771.0	923.1	991.0	822.0	964.8	783.9	1059.4	950.9	1069.1	948.2	795.6	908.0	722.7	1023.5	849.0	964.8	1069.1
	777.8	945.5	1087.1	1016.7	1093.9	818.2	874.8	798.8	956.4	1026.7	851.6	999.6	812.1	1097.6	985.2	1107.6	982.4	824.3	940.7	748.7	1060.4	879.6	999.6	1107.6
	804.8	978.5	1124.9	1052.1	1131.9	846.7	905.3	826.6	989.7	1062.5	881.3	1034.4	840.4	1135.9	1019.5	1146.2	1016.6	853.0	973.5	774.8	1097.3	910.2	1034.4	1146.2
	831.9	1011.4	1162.8	1087.5	1170.0	875.2	935.7	854.4	1023.0	1098.2	910.9	1069.2	868.7	1174.1	1053.8	1184.8	1050.8	881.7	1006.2	800.9	1134.2	940.8	1069.2	1184.8
	859.0	1044.3	1200.6	1122.9	1208.1	903.7	966.2	882.2	1056.3	1134.0	940.6	1104.0	897.0	1212.3	1088.1	1223.3	1085.0	910.4	1038.9	826.9	1171.1	971.4	1104.0	1223.3
	886.1	1077.2	1238.5	1158.3	1246.2	932.2	996.6	910.0	1089.6	1169.7	970.2	1138.8	925.2	1250.5	1122.4	1261.9	1119.2	939.1	1071.7	853.0	1208.0	1002.1	1138.8	1261.9
6	1432.8	1614.0	1274.8	1519.9	1607.0	1315.4	1255.8	1169.9	1542.5	1387.6	1320.7	1513.0	1712.6	1593.4	1202.4	1273.2	1622.5	1285.6	1423.3	1628.2	1640.4	1454.6	1387.6	1622.5
	1453.2	1637.0	1293.0	1541.6	1629.9	1334.2	1273.7	1186.6	1564.5	1407.4	1339.5	1534.6	1737.1	1616.2	1219.6	1291.4	1645.6	1304.0	1443.6	1651.4	1663.9	1475.3	1407.4	1645.6

	1473.7	1660.0	1311.2	1563.3	1652.8	1352.9	1291.6	1203.3	1586.6	1427.2	1358.4	1556.2	1761.5	1638.9	1236.8	1309.5	1668.8	1322.3	1463.9	1674.7	1687.3	1496.1	1427.2	1668.8
	1494.1	1683.1	1329.4	1584.9	1675.8	1371.7	1309.5	1219.9	1608.6	1447.0	1377.2	1577.8	1786.0	1661.7	1253.9	1327.7	1691.9	1340.7	1484.2	1697.9	1710.7	1516.9	1447.0	1691.9
	1514.5	1706.1	1347.6	1606.6	1698.7	1390.5	1327.5	1236.6	1630.6	1466.8	1396.1	1599.4	1810.4	1684.4	1271.1	1345.9	1715.1	1359.0	1504.6	1721.1	1734.1	1537.6	1466.8	1715.1
	1535.0	1729.2	1365.8	1628.3	1721.6	1409.3	1345.4	1253.3	1652.6	1486.6	1414.9	1621.0	1834.9	1707.1	1288.3	1364.1	1738.2	1377.4	1524.9	1744.4	1757.5	1558.4	1486.6	1738.2
	1555.4	1752.2	1384.0	1650.0	1744.6	1428.0	1363.3	1270.0	1674.6	1506.4	1433.8	1642.6	1859.3	1729.9	1305.4	1382.2	1761.4	1395.7	1545.2	1767.6	1780.9	1579.1	1506.4	1761.4
	1575.9	1775.2	1402.2	1671.7	1767.5	1446.8	1381.2	1286.7	1696.6	1526.2	1452.6	1664.2	1883.7	1752.6	1322.6	1400.4	1784.6	1414.1	1565.5	1790.9	1804.3	1599.9	1526.2	1784.6
	1596.3	1798.3	1420.4	1693.4	1790.5	1465.6	1399.2	1303.4	1718.7	1546.0	1471.5	1685.8	1908.2	1775.4	1339.7	1418.6	1807.7	1432.4	1585.8	1814.1	1827.7	1620.7	1546.0	1807.7
	1616.8	1821.3	1438.5	1715.1	1813.4	1484.3	1417.1	1320.1	1740.7	1565.8	1490.3	1707.4	1932.6	1798.1	1356.9	1436.7	1830.9	1450.8	1606.1	1837.3	1851.2	1641.4	1565.8	1830.9
	1637.2	1844.3	1456.7	1736.8	1836.3	1503.1	1435.0	1336.8	1762.7	1585.6	1509.2	1729.0	1957.1	1820.8	1374.1	1454.9	1854.0	1469.1	1626.4	1860.6	1874.6	1662.2	1585.6	1854.0
7	1146.4	847.7	1187.6	862.6	910.4	859.4	979.0	847.1	915.3	979.4	1133.0	1049.2	877.5	798.0	1097.5	864.4	873.3	793.2	935.5	879.8	919.4	1008.8	915.3	798.0
	1161.2	858.6	1202.9	873.7	922.1	870.5	991.7	858.0	927.1	992.0	1147.6	1062.7	888.8	808.3	1111.6	875.5	884.6	803.5	947.6	891.2	931.2	1021.8	927.1	808.3
	1175.9	869.6	1218.2	884.9	933.8	881.6	1004.3	868.9	938.9	1004.6	1162.2	1076.2	900.1	818.6	1125.8	886.7	895.9	813.7	959.6	902.5	943.1	1034.8	938.9	818.6
	1190.7	880.5	1233.5	896.0	945.6	892.7	1016.9	879.8	950.7	1017.2	1176.8	1089.8	911.4	828.9	1139.9	897.8	907.1	823.9	971.7	913.9	954.9	1047.8	950.7	828.9
	1205.5	891.4	1248.8	907.1	957.3	903.8	1029.5	890.8	962.5	1029.9	1191.4	1103.3	922.7	839.1	1154.1	909.0	918.4	834.1	983.8	925.2	966.8	1060.8	962.5	839.1
	1220.3	902.3	1264.1	918.2	969.0	914.8	1042.1	901.7	974.3	1042.5	1206.1	1116.8	934.0	849.4	1168.2	920.1	929.6	844.4	995.8	936.6	978.6	1073.8	974.3	849.4
	1235.1	913.3	1279.4	929.3	980.8	925.9	1054.8	912.6	986.1	1055.1	1220.7	1130.3	945.4	859.7	1182.4	931.3	940.9	854.6	1007.9	947.9	990.5	1086.8	986.1	859.7
	1249.8	924.2	1294.7	940.5	992.5	937.0	1067.4	923.5	997.9	1067.7	1235.3	1143.9	956.7	870.0	1196.5	942.4	952.2	864.8	1019.9	959.2	1002.3	1099.8	997.9	870.0
	1264.6	935.1	1310.0	951.6	1004.3	948.1	1080.0	934.4	1009.7	1080.4	1249.9	1157.4	968.0	880.3	1210.7	953.5	963.4	875.1	1032.0	970.6	1014.2	1112.8	1009.7	880.3
	1279.4	946.1	1325.3	962.7	1016.0	959.2	1092.6	945.4	1021.5	1093.0	1264.5	1170.9	979.3	890.6	1224.8	964.7	974.7	885.3	1044.1	981.9	1026.0	1125.9	1021.5	890.6
	1294.2	957.0	1340.6	973.8	1027.7	970.2	1105.2	956.3	1033.3	1105.6	1279.1	1184.4	990.6	900.9	1239.0	975.8	985.9	895.5	1056.1	993.3	1037.9	1138.9	1033.3	900.9
8	1263.5	1454.9	1689.9	1511.4	1374.2	1169.9	1731.1	1466.8	1462.9	1355.7	1169.9	1321.7	1554.1	1333.9	1664.8	1401.7	1673.3	1188.8	1535.1	1515.7	1722.2	1592.3	1374.2	1333.9
	1281.5	1475.7	1714.0	1533.0	1393.8	1186.6	1755.8	1487.8	1483.8	1375.1	1186.6	1340.5	1576.3	1352.9	1688.6	1421.7	1697.2	1205.8	1557.0	1537.4	1746.8	1615.0	1393.8	1352.9
	1299.6	1496.4	1738.1	1554.5	1413.4	1203.3	1780.5	1508.7	1504.7	1394.4	1203.3	1359.4	1598.5	1372.0	1712.4	1441.8	1721.1	1222.7	1578.9	1559.0	1771.4	1637.7	1413.4	1372.0
	1317.6	1517.2	1762.2	1576.1	1433.0	1220.0	1805.2	1529.6	1525.5	1413.8	1219.9	1378.3	1620.6	1391.0	1736.1	1461.8	1745.0	1239.7	1600.8	1580.6	1795.9	1660.4	1433.0	1391.0
	1335.6	1538.0	1786.4	1597.7	1452.6	1236.7	1829.9	1550.6	1546.4	1433.1	1236.6	1397.1	1642.8	1410.0	1759.9	1481.8	1768.9	1256.7	1622.7	1602.2	1820.5	1683.2	1452.6	1410.0
	1353.6	1558.7	1810.5	1619.2	1472.2	1253.3	1854.6	1571.5	1567.3	1452.5	1253.3	1416.0	1665.0	1429.1	1783.7	1501.8	1792.7	1273.6	1644.6	1623.9	1845.1	1705.9	1472.2	1429.1
	1371.7	1579.5	1834.6	1640.8	1491.8	1270.0	1879.3	1592.4	1588.2	1471.8	1270.0	1434.9	1687.2	1448.1	1807.4	1521.8	1816.6	1290.6	1666.5	1645.5	1869.7	1728.6	1491.8	1448.1
	1389.7	1600.2	1858.7	1662.4	1511.4	1286.7	1904.0	1613.4	1609.1	1491.2	1286.7	1453.7	1709.4	1467.1	1831.2	1541.8	1840.5	1307.6	1688.4	1667.1	1894.3	1751.3	1511.4	1467.1
	1407.7	1621.0	1882.8	1684.0	1531.1	1303.4	1928.7	1634.3	1629.9	1510.5	1303.4	1472.6	1731.5	1486.2	1854.9	1561.8	1864.4	1324.5	1710.3	1688.8	1918.8	1774.1	1531.1	1486.2
	1425.8	1641.8	1906.9	1705.5	1550.7	1320.1	1953.4	1655.2	1650.8	1529.9	1320.1	1491.5	1753.7	1505.2	1878.7	1581.8	1888.3	1341.5	1732.2	1710.4	1943.4	1796.8	1550.7	1505.2
	1443.8	1662.5	1931.1	1727.1	1570.3	1336.8	1978.1	1676.2	1671.7	1549.2	1336.8	1510.3	1775.9	1524.3	1902.5	1601.8	1912.1	1358.5	1754.1	1732.0	1968.0	1819.5	1570.3	1524.3
9	1640.1	1659.7	1234.7	1704.9	1689.0	1385.4	1220.0	1380.7	1669.4	1383.0	1422.5	1613.0	1368.1	1636.6	1475.9	1169.9	1314.9	1693.5	1412.4	1381.1	1731.2	1387.8	1636.6	1412.4
	1663.5	1683.4	1252.3	1729.2	1713.1	1405.1	1237.4	1400.4	1693.3	1402.7	1442.8	1636.0	1387.6	1660.0	1497.0	1186.6	1333.7	1717.7	1432.6	1400.8	1755.9	1407.6	1660.0	1432.6
	1686.9	1707.1	1269.9	1753.5	1737.2	1424.9	1254.8	1420.2	1717.1	1422.5	1463.1	1659.1	1407.2	1683.3	1518.0	1203.3	1352.4	1741.8	1452.7	1420.5	1780.6	1427.4	1683.3	1452.7

	1710.3	1730.8	1287.6	1777.9	1761.3	1444.7	1272.2	1439.9	1740.9	1442.2	1483.4	1682.1	1426.7	1706.7	1539.1	1219.9	1371.2	1766.0	1472.9	1440.2	1805.4	1447.2	1706.7	1472.9
	1733.7	1754.5	1305.2	1802.2	1785.4	1464.5	1289.6	1459.6	1764.8	1461.9	1503.7	1705.1	1446.2	1730.0	1560.2	1236.6	1390.0	1790.2	1493.1	1459.9	1830.1	1467.0	1730.0	1493.1
	1757.1	1778.2	1322.8	1826.5	1809.5	1484.2	1307.0	1479.3	1788.6	1481.7	1524.0	1728.1	1465.7	1753.4	1581.2	1253.3	1408.7	1814.4	1513.2	1479.6	1854.8	1486.8	1753.4	1513.2
	1780.5	1801.8	1340.4	1850.9	1833.6	1504.0	1324.4	1499.0	1812.4	1501.4	1544.3	1751.1	1485.3	1776.8	1602.3	1270.0	1427.5	1838.5	1533.4	1499.3	1879.5	1506.6	1776.8	1533.4
	1803.9	1825.5	1358.1	1875.2	1857.7	1523.8	1341.9	1518.7	1836.2	1521.1	1564.6	1774.2	1504.8	1800.1	1623.4	1286.7	1446.3	1862.7	1553.5	1519.0	1904.2	1526.5	1800.1	1553.5
	1827.3	1849.2	1375.7	1899.5	1881.8	1543.6	1359.3	1538.4	1860.1	1540.9	1584.9	1797.2	1524.3	1823.5	1644.4	1303.4	1465.0	1886.9	1573.7	1538.8	1928.9	1546.3	1823.5	1573.7
	1850.7	1872.9	1393.3	1923.9	1905.9	1563.3	1376.7	1558.1	1883.9	1560.6	1605.2	1820.2	1543.8	1846.8	1665.5	1320.1	1483.8	1911.0	1593.8	1558.5	1953.6	1566.1	1846.8	1593.8
	1874.1	1896.6	1410.9	1948.2	1930.0	1583.1	1394.1	1577.8	1907.7	1580.4	1625.5	1843.2	1563.4	1870.2	1686.5	1336.8	1502.6	1935.2	1614.0	1578.2	1978.3	1585.9	1870.2	1614.0
10	705.0	677.0	651.0	868.6	813.7	781.7	592.3	826.4	743.9	697.6	829.7	692.9	820.4	840.3	695.6	828.5	605.6	877.1	801.2	807.0	627.6	677.1	605.6	801.2
	736.0	706.8	679.7	906.8	849.5	816.1	618.4	862.7	776.6	728.3	866.2	723.3	856.5	877.3	726.3	864.9	632.2	915.7	836.5	842.5	655.2	706.9	632.2	836.5
	767.0	736.6	708.3	945.1	885.3	850.5	644.5	899.1	809.4	759.0	902.7	753.8	892.6	914.3	756.9	901.4	658.9	954.3	871.7	878.0	682.8	736.7	658.9	871.7
	798.1	766.3	737.0	983.3	921.1	884.9	670.5	935.4	842.1	789.7	939.2	784.3	928.7	951.3	787.5	937.9	685.5	992.9	907.0	913.5	710.5	766.5	685.5	907.0
	829.1	796.1	765.6	1021.5	956.9	919.2	696.6	971.8	874.8	820.4	975.7	814.8	964.8	988.3	818.1	974.3	712.2	1031.5	942.2	949.0	738.1	796.3	712.2	942.2
	860.1	825.9	794.3	1059.7	992.7	953.6	722.7	1008.2	907.6	851.0	1012.2	845.3	1000.9	1025.2	848.7	1010.8	738.8	1070.1	977.5	984.5	765.7	826.0	738.8	977.5
	891.1	855.7	822.9	1098.0	1028.5	988.0	748.7	1044.5	940.3	881.7	1048.8	875.8	1037.0	1062.2	879.3	1047.2	765.5	1108.6	1012.7	1020.0	793.3	855.8	765.5	1012.7
	922.2	885.5	851.6	1136.2	1064.3	1022.4	774.8	1080.9	973.1	912.4	1085.3	906.3	1073.1	1099.2	909.9	1083.7	792.1	1147.2	1048.0	1055.5	820.9	885.6	792.1	1048.0
	953.2	915.3	880.2	1174.4	1100.1	1056.8	800.9	1117.3	1005.8	943.1	1121.8	936.8	1109.2	1136.2	940.5	1120.1	818.8	1185.8	1083.2	1091.0	848.5	915.4	818.8	1083.2
	984.2	945.1	908.9	1212.6	1135.9	1091.2	826.9	1153.6	1038.5	973.8	1158.3	967.2	1145.3	1173.1	971.1	1156.6	845.4	1224.4	1118.5	1126.5	876.2	945.2	845.4	1118.5
11	1015.2	974.9	937.5	1250.8	1171.8	1125.6	853.0	1190.0	1071.3	1004.5	1194.8	997.7	1181.4	1210.1	1001.7	1193.0	872.1	1263.0	1153.7	1162.0	903.8	975.0	872.1	1153.7
	639.1	658.0	570.2	651.8	686.2	529.2	701.1	548.4	574.1	522.4	493.4	708.5	653.8	510.7	650.9	508.3	656.1	640.2	554.3	608.3	545.7	481.2	574.1	658.0
	650.3	669.4	580.2	663.2	698.2	538.4	713.4	557.9	584.1	531.5	502.0	720.8	665.2	519.6	662.2	517.2	667.6	651.4	563.9	618.9	555.2	489.6	584.1	669.4
	661.4	680.9	590.1	674.6	710.1	547.7	725.6	567.5	594.1	540.6	510.6	733.2	676.6	528.5	673.6	526.1	679.0	662.6	573.6	629.6	564.7	498.0	594.1	680.9
	672.6	692.4	600.0	685.9	722.1	556.9	737.8	577.0	604.1	549.7	519.2	745.5	688.0	537.4	684.9	534.9	690.4	673.7	583.3	640.2	574.3	506.4	604.1	692.4
	683.7	703.9	610.0	697.3	734.0	566.1	750.0	586.6	614.1	558.8	527.8	757.9	699.4	546.3	696.3	543.8	701.9	684.9	592.9	650.8	583.8	514.7	614.1	703.9
	694.8	715.3	619.9	708.7	746.0	575.3	762.3	596.2	624.1	567.9	536.4	770.2	710.8	555.2	707.6	552.6	713.3	696.1	602.6	661.4	593.3	523.1	624.1	715.3
	706.0	726.8	629.9	720.0	758.0	584.6	774.5	605.7	634.1	577.0	545.0	782.6	722.2	564.1	719.0	561.5	724.7	707.2	612.3	672.0	602.8	531.5	634.1	726.8
	717.1	738.3	639.8	731.4	769.9	593.8	786.7	615.3	644.1	586.1	553.6	794.9	733.6	573.1	730.3	570.4	736.2	718.4	621.9	682.6	612.3	539.9	644.1	738.3
	728.3	749.7	649.7	742.7	781.9	603.0	798.9	624.8	654.1	595.2	562.2	807.3	745.0	582.0	741.7	579.2	747.6	729.5	631.6	693.2	621.8	548.3	654.1	749.7
	739.4	761.2	659.7	754.1	793.9	612.2	811.2	634.4	664.1	604.3	570.8	819.6	756.4	590.9	753.0	588.1	759.1	740.7	641.3	703.8	631.3	556.7	664.1	761.2
	750.6	772.7	669.6	765.5	805.8	621.5	823.4	644.0	674.1	613.4	579.4	832.0	767.8	599.8	764.3	596.9	770.5	751.9	650.9	714.4	640.8	565.1	674.1	772.7
12	1612.9	1671.9	1174.6	1523.9	1465.5	1414.4	1239.5	1368.9	1400.7	1521.5	1630.7	1169.9	1476.1	1610.0	1714.1	1715.2	1504.3	1664.2	1494.1	1179.4	1374.1	1269.0	1414.4	1610.0
	1636.0	1695.7	1191.3	1545.6	1486.4	1434.6	1257.2	1388.4	1420.7	1543.2	1654.0	1186.6	1497.2	1633.0	1738.6	1739.7	1525.8	1688.0	1515.5	1196.2	1393.7	1287.1	1434.6	1633.0
	1659.0	1719.6	1208.1	1567.4	1507.3	1454.7	1274.9	1408.0	1440.7	1564.9	1677.2	1203.3	1518.2	1656.0	1763.0	1764.1	1547.2	1711.7	1536.8	1213.0	1413.3	1305.3	1454.7	1656.0
	1682.0	1743.5	1224.9	1589.1	1528.2	1474.9	1292.6	1427.5	1460.7	1586.7	1700.5	1219.9	1539.3	1679.0	1787.5	1788.6	1568.7	1735.5	1558.1	1229.9	1432.9	1323.4	1474.9	1679.0

	1705.0	1767.3	1241.6	1610.9	1549.1	1495.1	1310.3	1447.0	1480.7	1608.4	1723.8	1236.6	1560.4	1701.9	1812.0	1813.1	1590.2	1759.3	1579.4	1246.7	1452.5	1341.5	1495.1	1701.9
	1728.0	1791.2	1258.4	1632.6	1570.0	1515.3	1328.0	1466.6	1500.7	1630.1	1747.0	1253.3	1581.4	1724.9	1836.4	1837.6	1611.6	1783.0	1600.8	1263.5	1472.1	1359.6	1515.3	1724.9
	1751.1	1815.1	1275.1	1654.4	1591.0	1535.5	1345.7	1486.1	1520.7	1651.8	1770.3	1270.0	1602.5	1747.9	1860.9	1862.0	1633.1	1806.8	1622.1	1280.4	1491.8	1377.7	1535.5	1747.9
	1774.1	1838.9	1291.9	1676.1	1611.9	1555.7	1363.4	1505.7	1540.7	1673.5	1793.6	1286.7	1623.6	1770.9	1885.3	1886.5	1654.6	1830.5	1643.4	1297.2	1511.4	1395.8	1555.7	1770.9
	1797.1	1862.8	1308.7	1697.9	1632.8	1575.9	1381.1	1525.2	1560.6	1695.2	1816.9	1303.4	1644.6	1793.9	1909.8	1911.0	1676.0	1854.3	1664.7	1314.0	1531.0	1413.9	1575.9	1793.9
	1820.1	1886.6	1325.4	1719.6	1653.7	1596.1	1398.8	1544.7	1580.6	1716.9	1840.1	1320.1	1665.7	1816.8	1934.3	1935.5	1697.5	1878.0	1686.1	1330.9	1550.6	1432.0	1596.1	1816.8
	1843.1	1910.5	1342.2	1741.4	1674.6	1616.2	1416.5	1564.3	1600.6	1738.7	1863.4	1336.8	1686.8	1839.8	1958.7	1960.0	1719.0	1901.8	1707.4	1347.7	1570.2	1450.1	1616.2	1839.8
13	1342.6	1169.9	1476.9	1658.4	1286.1	1593.3	1418.6	1654.0	1538.5	1386.3	1464.8	1426.9	1491.9	1248.0	1724.7	1685.3	1492.1	1486.8	1356.4	1520.3	1371.1	1198.6	1386.3	1248.0
	1361.7	1186.6	1498.0	1682.1	1304.5	1616.0	1438.8	1677.6	1560.5	1406.1	1485.7	1447.3	1513.2	1265.8	1749.3	1709.4	1513.4	1508.0	1375.7	1542.0	1390.7	1215.7	1406.1	1265.8
	1380.9	1203.3	1519.1	1705.8	1322.9	1638.8	1459.1	1701.2	1582.4	1425.9	1506.6	1467.6	1534.5	1283.6	1773.9	1733.4	1534.7	1529.3	1395.1	1563.7	1410.2	1232.8	1425.9	1283.6
	1400.0	1219.9	1540.1	1729.4	1341.2	1661.5	1479.3	1724.8	1604.4	1445.7	1527.5	1488.0	1555.8	1301.5	1798.6	1757.5	1556.0	1550.5	1414.4	1585.4	1429.8	1249.9	1445.7	1301.5
	1419.2	1236.6	1561.2	1753.1	1359.6	1684.2	1499.6	1748.4	1626.3	1465.4	1548.4	1508.4	1577.1	1319.3	1823.2	1781.5	1577.3	1571.7	1433.8	1607.1	1449.4	1267.0	1465.4	1319.3
	1438.4	1253.3	1582.3	1776.8	1377.9	1707.0	1519.8	1772.0	1648.3	1485.2	1569.3	1528.7	1598.4	1337.1	1847.8	1805.6	1598.6	1592.9	1453.2	1628.8	1468.9	1284.1	1485.2	1337.1
	1457.5	1270.0	1603.4	1800.4	1396.3	1729.7	1540.1	1795.7	1670.2	1505.0	1590.2	1549.1	1619.7	1354.9	1872.4	1829.6	1619.9	1614.1	1472.5	1650.5	1488.5	1301.2	1505.0	1354.9
	1476.7	1286.7	1624.4	1824.1	1414.6	1752.5	1560.3	1819.3	1692.2	1524.8	1611.1	1569.5	1641.0	1372.7	1897.0	1853.7	1641.2	1635.4	1491.9	1672.2	1508.1	1318.3	1524.8	1372.7
	1495.9	1303.4	1645.5	1847.8	1433.0	1775.2	1580.6	1842.9	1714.2	1544.6	1632.1	1589.8	1662.3	1390.5	1921.6	1877.7	1662.5	1656.6	1511.2	1693.9	1527.6	1335.5	1544.6	1390.5
	1515.0	1320.1	1666.6	1871.5	1451.4	1797.9	1600.8	1866.5	1736.1	1564.4	1653.0	1610.2	1683.6	1408.3	1946.2	1901.8	1683.8	1677.8	1530.6	1715.6	1547.2	1352.6	1564.4	1408.3
	1534.2	1336.8	1687.7	1895.1	1469.7	1820.7	1621.0	1890.1	1758.1	1584.2	1673.9	1630.6	1704.8	1426.1	1970.9	1925.8	1705.1	1699.0	1550.0	1737.3	1566.8	1369.7	1584.2	1426.1
14	813.4	903.4	799.0	1055.9	1049.1	1135.7	793.2	1112.8	883.8	968.5	980.4	894.4	1138.7	1133.2	826.7	1152.9	1018.9	1091.2	1057.6	931.2	810.5	1128.7	980.4	1152.9
	823.9	915.1	809.3	1069.5	1062.6	1150.3	803.5	1127.2	895.2	980.9	993.0	906.0	1153.4	1147.8	837.3	1167.8	1032.1	1105.3	1071.3	943.2	820.9	1143.3	993.0	1167.8
	834.4	926.7	819.6	1083.1	1076.1	1165.0	813.7	1141.5	906.6	993.4	1005.6	917.5	1168.1	1162.5	848.0	1182.6	1045.2	1119.3	1084.9	955.2	831.4	1157.8	1005.6	1182.6
	844.9	938.3	829.9	1096.7	1089.7	1179.6	823.9	1155.9	918.0	1005.9	1018.3	929.0	1182.7	1177.1	858.6	1197.5	1058.3	1133.4	1098.5	967.3	841.8	1172.4	1018.3	1197.5
	855.4	950.0	840.2	1110.3	1103.2	1194.3	834.1	1170.2	929.4	1018.4	1030.9	940.5	1197.4	1191.7	869.3	1212.4	1071.5	1147.5	1112.2	979.3	852.3	1186.9	1030.9	1212.4
	865.8	961.6	850.5	1124.0	1116.7	1208.9	844.4	1184.6	940.8	1030.9	1043.5	952.1	1212.1	1206.3	880.0	1227.2	1084.6	1161.5	1125.8	991.3	862.7	1201.5	1043.5	1227.2
	876.3	973.3	860.8	1137.6	1130.2	1223.5	854.6	1198.9	952.2	1043.4	1056.2	963.6	1226.8	1220.9	890.6	1242.1	1097.7	1175.6	1139.5	1003.3	873.2	1216.0	1056.2	1242.1
	886.8	984.9	871.1	1151.2	1143.8	1238.2	864.8	1213.3	963.6	1055.8	1068.8	975.1	1241.5	1235.5	901.3	1256.9	1110.9	1189.7	1153.1	1015.3	883.6	1230.6	1068.8	1256.9
	897.3	996.6	881.4	1164.8	1157.3	1252.8	875.1	1227.6	975.0	1068.3	1081.5	986.7	1256.1	1250.1	911.9	1271.8	1124.0	1203.7	1166.7	1027.3	894.0	1245.1	1081.5	1271.8
	907.8	1008.2	891.7	1178.4	1170.8	1267.5	885.3	1242.0	986.4	1080.8	1094.1	998.2	1270.8	1264.7	922.6	1286.7	1137.2	1217.8	1180.4	1039.3	904.5	1259.7	1094.1	1286.7
	918.3	1019.9	902.0	1192.0	1184.3	1282.1	895.5	1256.3	997.8	1093.3	1106.7	1009.7	1285.5	1279.3	933.2	1301.5	1150.3	1231.9	1194.0	1051.3	914.9	1274.2	1106.7	1301.5
15	1247.5	1280.4	1236.7	1616.1	1181.3	1417.6	1692.4	1231.8	1284.7	1368.3	1525.2	1207.1	1675.4	1175.0	1704.5	1169.9	1308.6	1697.6	1274.6	1448.1	1749.2	1589.3	1236.7	1181.3
	1265.3	1298.6	1254.3	1639.2	1198.2	1437.8	1716.5	1249.4	1303.0	1387.8	1547.0	1224.3	1699.3	1191.8	1728.8	1186.6	1327.2	1721.8	1292.8	1468.8	1774.1	1612.0	1254.3	1198.2
	1283.1	1316.9	1272.0	1662.2	1215.0	1458.1	1740.7	1267.0	1321.3	1407.3	1568.7	1241.5	1723.2	1208.6	1753.1	1203.3	1345.9	1746.0	1311.0	1489.4	1799.1	1634.7	1272.0	1215.0
	1300.9	1335.2	1289.6	1685.3	1231.9	1478.3	1764.8	1284.6	1339.7	1426.8	1590.5	1258.7	1747.2	1225.3	1777.4	1219.9	1364.6	1770.3	1329.2	1510.1	1824.1	1657.3	1289.6	1231.9
	1318.7	1353.5	1307.3	1708.3	1248.8	1498.5	1789.0	1302.2	1358.0	1446.4	1612.3	1276.0	1771.1	1242.1	1801.8	1236.6	1383.3	1794.5	1347.4	1530.8	1849.0	1680.0	1307.3	1248.8

16	1336.5	1371.7	1324.9	1731.4	1265.6	1518.8	1813.1	1319.8	1376.3	1465.9	1634.0	1293.2	1795.0	1258.9	1826.1	1253.3	1401.9	1818.7	1365.5	1551.4	1874.0	1702.7	1324.9	1265.6
	1354.3	1390.0	1342.6	1754.5	1282.5	1539.0	1837.3	1337.3	1394.7	1485.4	1655.8	1310.4	1818.9	1275.6	1850.4	1270.0	1420.6	1842.9	1383.7	1572.1	1899.0	1725.4	1342.6	1282.5
	1372.1	1408.3	1360.2	1777.5	1299.3	1559.2	1861.4	1354.9	1413.0	1505.0	1677.6	1327.7	1842.8	1292.4	1874.7	1286.7	1439.3	1867.2	1401.9	1592.8	1923.9	1748.1	1360.2	1299.3
	1389.9	1426.5	1377.9	1800.6	1316.2	1579.5	1885.6	1372.5	1431.3	1524.5	1699.3	1344.9	1866.7	1309.2	1899.1	1303.4	1458.0	1891.4	1420.1	1613.4	1948.9	1770.8	1377.9	1316.2
	1407.7	1444.8	1395.5	1823.7	1333.1	1599.7	1909.8	1390.1	1449.7	1544.0	1721.1	1362.1	1890.6	1326.0	1923.4	1320.1	1476.6	1915.6	1438.3	1634.1	1973.8	1793.4	1395.5	1333.1
	1425.5	1463.1	1413.2	1846.7	1349.9	1619.9	1933.9	1407.7	1468.0	1563.5	1742.9	1379.3	1914.5	1342.7	1947.7	1336.8	1495.3	1939.9	1456.5	1654.8	1998.8	1816.1	1413.2	1349.9
	1029.2	969.5	859.5	812.7	819.6	1094.3	818.1	979.7	793.2	1180.6	822.6	855.5	872.9	816.2	1034.7	1085.6	1108.4	834.9	981.9	848.4	802.7	1162.7	872.9	981.9
	1042.5	982.0	870.6	823.2	830.1	1108.4	828.6	992.3	803.5	1195.8	833.2	866.5	884.1	826.7	1048.0	1099.5	1122.7	845.7	994.6	859.3	813.0	1177.7	884.1	994.6
	1055.8	994.5	881.7	833.7	840.7	1122.5	839.2	1004.9	813.7	1211.1	843.8	877.6	895.4	837.2	1061.4	1113.5	1137.0	856.4	1007.2	870.2	823.4	1192.7	895.4	1007.2
	1069.0	1007.0	892.7	844.2	851.3	1136.6	849.7	1017.6	823.9	1226.3	854.4	888.6	906.7	847.8	1074.7	1127.5	1151.2	867.2	1019.9	881.2	833.7	1207.7	906.7	1019.9
	1082.3	1019.5	903.8	854.6	861.8	1150.7	860.3	1030.2	834.1	1241.5	865.0	899.6	917.9	858.3	1088.0	1141.5	1165.5	878.0	1032.6	892.1	844.1	1222.7	917.9	1032.6
	1095.6	1032.0	914.9	865.1	872.4	1164.8	870.8	1042.8	844.4	1256.7	875.6	910.7	929.2	868.8	1101.4	1155.5	1179.8	888.7	1045.2	903.0	854.4	1237.6	929.2	1045.2
	1108.8	1044.5	926.0	875.6	883.0	1178.9	881.4	1055.4	854.6	1271.9	886.2	921.7	940.4	879.3	1114.7	1169.5	1194.1	899.5	1057.9	914.0	864.7	1252.6	940.4	1057.9
	1122.1	1057.0	937.1	886.1	893.5	1193.0	891.9	1068.1	864.8	1287.2	896.8	932.7	951.7	889.8	1128.0	1183.5	1208.4	910.3	1070.5	924.9	875.1	1267.6	951.7	1070.5
	1135.4	1069.5	948.1	896.5	904.1	1207.1	902.5	1080.7	875.1	1302.4	907.4	943.7	962.9	900.4	1141.4	1197.5	1222.7	921.0	1083.2	935.9	885.4	1282.6	962.9	1083.2
	1148.6	1082.0	959.2	907.0	914.7	1221.2	913.0	1093.3	885.3	1317.6	918.0	954.8	974.2	910.9	1154.7	1211.5	1237.0	931.8	1095.9	946.8	895.8	1297.6	974.2	1095.9
	1161.9	1094.5	970.3	917.5	925.2	1235.3	923.6	1106.0	895.5	1332.8	928.7	965.8	985.4	921.4	1168.1	1225.5	1251.3	942.5	1108.5	957.7	906.1	1312.6	985.4	1108.5
17	1236.6	1279.0	1169.9	1652.5	1604.3	1595.4	1687.2	1412.7	1522.7	1641.4	1243.4	1292.5	1419.3	1631.2	1739.1	1405.1	1253.1	1447.7	1412.1	1752.7	1602.5	1198.3	1604.3	1292.5
	1254.2	1297.3	1186.6	1676.1	1627.2	1618.1	1711.2	1432.9	1544.4	1664.8	1261.2	1311.0	1439.6	1654.5	1763.9	1425.2	1271.0	1468.4	1432.2	1777.7	1625.4	1215.4	1627.2	1311.0
	1271.9	1315.5	1203.3	1699.7	1650.1	1640.9	1735.3	1453.0	1566.2	1688.3	1278.9	1329.4	1459.8	1677.8	1788.7	1445.2	1288.9	1489.1	1452.4	1802.7	1648.3	1232.5	1650.1	1329.4
	1289.5	1333.8	1219.9	1723.3	1673.0	1663.7	1759.4	1473.2	1587.9	1711.7	1296.7	1347.9	1480.1	1701.1	1813.6	1465.3	1306.7	1509.7	1472.5	1827.8	1671.1	1249.6	1673.0	1347.9
	1307.2	1352.0	1236.6	1746.8	1695.9	1686.4	1783.5	1493.4	1609.6	1735.1	1314.4	1366.3	1500.4	1724.4	1838.4	1485.3	1324.6	1530.4	1492.7	1852.8	1694.0	1266.7	1695.9	1366.3
	1324.8	1370.3	1253.3	1770.4	1718.8	1709.2	1807.6	1513.5	1631.4	1758.5	1332.2	1384.8	1520.6	1747.6	1863.2	1505.4	1342.5	1551.1	1512.8	1877.8	1716.9	1283.8	1718.8	1384.8
	1342.5	1388.5	1270.0	1794.0	1741.7	1732.0	1831.6	1533.7	1653.1	1782.0	1349.9	1403.2	1540.9	1770.9	1888.0	1525.4	1360.4	1571.7	1533.0	1902.8	1739.8	1300.9	1741.7	1403.2
	1360.1	1406.8	1286.7	1817.6	1764.6	1754.8	1855.7	1553.8	1674.8	1805.4	1367.7	1421.7	1561.1	1794.2	1912.8	1545.5	1378.3	1592.4	1553.1	1927.8	1762.6	1318.0	1764.6	1421.7
	1377.8	1425.1	1303.4	1841.2	1787.5	1777.5	1879.8	1574.0	1696.5	1828.8	1385.4	1440.1	1581.4	1817.5	1937.7	1565.6	1396.2	1613.0	1573.3	1952.8	1785.5	1335.2	1787.5	1440.1
	1395.4	1443.3	1320.1	1864.8	1810.4	1800.3	1903.9	1594.2	1718.3	1852.2	1403.1	1458.6	1601.6	1840.8	1962.5	1585.6	1414.0	1633.7	1593.4	1977.8	1808.4	1352.3	1810.4	1458.6
	1413.1	1461.6	1336.8	1888.3	1833.3	1823.1	1928.0	1614.3	1740.0	1875.7	1420.9	1477.0	1621.9	1864.1	1987.3	1605.7	1431.9	1654.4	1613.6	2002.9	1831.2	1369.4	1833.3	1477.0
18	1314.7	1379.3	1598.7	1195.4	1169.9	1667.6	1261.4	1601.2	1717.9	1538.3	1365.3	1216.7	1527.1	1627.5	1683.3	1374.1	1555.4	1292.9	1690.7	1718.1	1242.8	1374.7	1314.7	1261.4
	1333.4	1399.0	1621.5	1212.5	1186.6	1691.4	1279.5	1624.1	1742.4	1560.3	1384.8	1234.1	1548.9	1650.8	1707.4	1393.7	1577.6	1311.3	1714.8	1742.7	1260.5	1394.3	1333.4	1279.5
	1352.2	1418.7	1644.3	1229.5	1203.3	1715.2	1297.5	1646.9	1766.9	1582.3	1404.2	1251.5	1570.7	1674.0	1731.4	1413.3	1599.8	1329.8	1738.9	1767.2	1278.2	1413.9	1352.2	1297.5
	1370.9	1438.4	1667.2	1246.6	1219.9	1739.0	1315.5	1669.8	1791.4	1604.2	1423.7	1268.8	1592.5	1697.2	1755.4	1432.9	1622.0	1348.2	1763.1	1791.7	1296.0	1433.6	1370.9	1315.5
	1389.7	1458.1	1690.0	1263.7	1236.6	1762.8	1333.5	1692.7	1816.0	1626.2	1443.2	1286.2	1614.3	1720.4	1779.4	1452.5	1644.2	1366.7	1787.2	1816.2	1313.7	1453.2	1389.7	1333.5
	1408.5	1477.8	1712.8	1280.7	1253.3	1786.6	1351.5	1715.5	1840.5	1648.1	1462.7	1303.6	1636.0	1743.7	1803.5	1472.1	1666.4	1385.1	1811.3	1840.7	1331.4	1472.8	1408.5	1351.5

19	1427.2	1497.4	1735.6	1297.8	1270.0	1810.4	1369.5	1738.4	1865.0	1670.1	1482.2	1320.9	1657.8	1766.9	1827.5	1491.7	1688.6	1403.6	1835.4	1865.3	1349.2	1492.4	1427.2	1369.5
	1446.0	1517.1	1758.4	1314.9	1286.7	1834.2	1387.5	1761.2	1889.5	1692.0	1501.7	1338.3	1679.6	1790.1	1851.5	1511.3	1710.8	1422.0	1859.6	1889.8	1366.9	1512.0	1446.0	1387.5
	1464.8	1536.8	1781.2	1331.9	1303.4	1858.0	1405.5	1784.1	1914.0	1714.0	1521.2	1355.7	1701.4	1813.4	1875.5	1531.0	1733.0	1440.5	1883.7	1914.3	1384.7	1531.7	1464.8	1405.5
	1483.5	1556.5	1804.1	1349.0	1320.1	1881.8	1423.5	1806.9	1938.6	1735.9	1540.6	1373.0	1723.2	1836.6	1899.6	1550.6	1755.2	1458.9	1907.8	1938.8	1402.4	1551.3	1483.5	1423.5
	1502.3	1576.2	1826.9	1366.0	1336.8	1905.6	1441.5	1829.8	1963.1	1757.9	1560.1	1390.4	1745.0	1859.8	1923.6	1570.2	1777.4	1477.4	1932.0	1963.4	1420.1	1570.9	1502.3	1441.5
	892.8	958.9	1131.2	1072.0	1152.0	1108.6	1017.3	884.0	979.4	1048.2	1087.0	860.0	927.1	793.2	1091.5	1018.6	1163.7	997.3	1136.9	1121.0	914.9	1124.4	1072.0	860.0
	904.3	971.2	1145.8	1085.8	1166.9	1122.9	1030.4	895.4	992.0	1061.7	1101.1	871.0	939.0	803.5	1105.6	1031.7	1178.7	1010.2	1151.6	1135.4	926.7	1138.9	1085.8	871.0
	915.8	983.6	1160.4	1099.6	1181.7	1137.2	1043.5	906.8	1004.7	1075.2	1115.1	882.1	951.0	813.7	1119.7	1044.8	1193.7	1023.0	1166.2	1149.9	938.5	1153.4	1099.6	882.1
	927.3	996.0	1175.0	1113.5	1196.6	1151.4	1056.7	918.2	1017.3	1088.8	1129.1	893.2	962.9	823.9	1133.7	1058.0	1208.7	1035.9	1180.9	1164.3	950.3	1167.9	1113.5	893.2
	938.8	1008.3	1189.6	1127.3	1211.4	1165.7	1069.8	929.5	1029.9	1102.3	1143.1	904.3	974.9	834.1	1147.8	1071.1	1223.7	1048.7	1195.5	1178.8	962.1	1182.4	1127.3	904.3
	950.3	1020.7	1204.2	1141.1	1226.3	1180.0	1082.9	940.9	1042.5	1115.8	1157.1	915.4	986.8	844.4	1161.9	1084.2	1238.7	1061.6	1210.2	1193.2	973.9	1196.9	1141.1	915.4
	961.8	1033.1	1218.7	1154.9	1241.1	1194.3	1096.0	952.3	1055.2	1129.3	1171.1	926.5	998.8	854.6	1176.0	1097.4	1253.7	1074.5	1224.8	1207.7	985.7	1211.4	1154.9	926.5
	973.3	1045.4	1233.3	1168.7	1256.0	1208.6	1109.1	963.7	1067.8	1142.8	1185.1	937.6	1010.8	864.8	1190.0	1110.5	1268.7	1087.3	1239.5	1222.1	997.5	1225.9	1168.7	937.6
	984.9	1057.8	1247.9	1182.6	1270.8	1222.9	1122.2	975.1	1080.4	1156.3	1199.2	948.7	1022.7	875.1	1204.1	1123.6	1283.7	1100.2	1254.2	1236.6	1009.3	1240.4	1182.6	948.7
	996.4	1070.1	1262.5	1196.4	1285.7	1237.2	1135.3	986.5	1093.1	1169.8	1213.2	959.7	1034.7	885.3	1218.2	1136.8	1298.7	1113.0	1268.8	1251.0	1021.0	1254.9	1196.4	959.7
	1007.9	1082.5	1277.1	1210.2	1300.6	1251.5	1148.5	997.9	1105.7	1183.4	1227.2	970.8	1046.6	895.5	1232.2	1149.9	1313.7	1125.9	1283.5	1265.5	1032.8	1269.4	1210.2	970.8
20	711.8	813.5	653.9	689.3	631.5	783.3	735.2	592.0	732.7	549.6	714.1	631.4	757.5	661.4	597.9	649.3	753.7	565.0	606.7	801.3	546.6	704.4	592.0	549.6
	718.1	820.7	659.6	695.4	637.0	790.1	741.7	597.2	739.1	554.4	720.3	636.9	764.1	667.2	603.2	655.0	760.3	570.0	612.0	808.3	551.4	710.6	597.2	554.4
	724.3	827.8	665.3	701.4	642.6	797.0	748.1	602.4	745.6	559.2	726.6	642.5	770.8	673.0	608.4	660.7	766.9	575.0	617.3	815.4	556.2	716.8	602.4	559.2
	730.6	834.9	671.1	707.5	648.1	803.9	754.6	607.6	752.0	564.1	732.8	648.0	777.4	678.8	613.7	666.4	773.5	579.9	622.7	822.4	561.0	722.9	607.6	564.1
	736.8	842.1	676.8	713.5	653.7	810.8	761.0	612.8	758.4	568.9	739.1	653.6	784.0	684.6	618.9	672.1	780.2	584.9	628.0	829.4	565.8	729.1	612.8	568.9
	743.1	849.2	682.6	719.6	659.2	817.6	767.5	618.0	764.8	573.7	745.4	659.1	790.7	690.4	624.2	677.8	786.8	589.8	633.3	836.4	570.6	735.3	618.0	573.7
	749.3	856.4	688.3	725.6	664.7	824.5	773.9	623.2	771.3	578.5	751.6	664.6	797.3	696.2	629.4	683.5	793.4	594.8	638.6	843.5	575.3	741.5	623.2	578.5
	755.6	863.5	694.0	731.7	670.3	831.4	780.4	628.4	777.7	583.3	757.9	670.2	804.0	702.0	634.7	689.2	800.0	599.7	644.0	850.5	580.1	747.7	628.4	583.3
	761.8	870.6	699.8	737.7	675.8	838.2	786.8	633.6	784.1	588.2	764.2	675.7	810.6	707.8	639.9	694.9	806.6	604.7	649.3	857.5	584.9	753.8	633.6	588.2
	768.1	877.8	705.5	743.8	681.4	845.1	793.3	638.8	790.6	593.0	770.4	681.3	817.3	713.6	645.1	700.6	813.2	609.7	654.6	864.6	589.7	760.0	638.8	593.0
21	774.3	884.9	711.2	749.8	686.9	852.0	799.7	644.0	797.0	597.8	776.7	686.8	823.9	719.4	650.4	706.3	819.8	614.6	659.9	871.6	594.5	766.2	644.0	597.8
	806.2	779.8	563.0	779.0	573.5	776.0	574.5	782.1	743.7	632.2	715.1	751.8	723.8	765.1	585.2	546.6	568.6	794.9	602.5	630.3	756.9	784.3	563.0	723.8
	813.3	786.6	568.0	785.8	578.5	782.8	579.5	788.9	750.2	637.8	721.4	758.4	730.1	771.8	590.3	551.4	573.6	801.9	607.8	635.8	763.5	791.2	568.0	730.1
	820.4	793.4	572.9	792.6	583.6	789.6	584.6	795.8	756.7	643.3	727.7	764.9	736.5	778.5	595.4	556.2	578.6	808.8	613.1	641.3	770.1	798.1	572.9	736.5
	827.5	800.3	577.9	799.5	588.6	796.4	589.6	802.7	763.2	648.9	733.9	771.5	742.8	785.3	600.6	561.0	583.6	815.8	618.4	646.9	776.8	805.0	577.9	742.8
	834.5	807.1	582.8	806.3	593.6	803.3	594.7	809.5	769.8	654.4	740.2	778.1	749.2	792.0	605.7	565.8	588.6	822.8	623.6	652.4	783.4	811.9	582.8	749.2
	841.6	814.0	587.7	813.1	598.7	810.1	599.7	816.4	776.3	660.0	746.5	784.7	755.5	798.7	610.8	570.6	593.5	829.8	628.9	657.9	790.1	818.8	587.7	755.5
	848.7	820.8	592.7	820.0	603.7	816.9	604.7	823.3	782.8	665.5	752.8	791.3	761.9	805.4	616.0	575.3	598.5	836.7	634.2	663.5	796.7	825.6	592.7	761.9

22	855.8	827.6	597.6	826.8	608.7	823.7	609.8	830.1	789.3	671.1	759.0	797.9	768.2	812.1	621.1	580.1	603.5	843.7	639.5	669.0	803.3	832.5	597.6	768.2
	862.8	834.5	602.5	833.6	613.8	830.5	614.8	837.0	795.9	676.6	765.3	804.5	774.6	818.8	626.3	584.9	608.5	850.7	644.8	674.5	810.0	839.4	602.5	774.6
	869.9	841.3	607.5	840.5	618.8	837.3	619.9	843.8	802.4	682.2	771.6	811.1	780.9	825.5	631.4	589.7	613.5	857.7	650.1	680.1	816.6	846.3	607.5	780.9
	877.0	848.2	612.4	847.3	623.8	844.1	624.9	850.7	808.9	687.7	777.9	817.7	787.3	832.2	636.5	594.5	618.5	864.6	655.4	685.6	823.3	853.2	612.4	787.3
	931.6	1156.6	1022.1	1187.8	794.8	1125.0	793.2	1104.0	1016.9	1175.8	996.1	884.3	830.6	941.1	1015.6	1027.6	1106.8	938.3	831.1	870.1	1152.0	1072.4	931.6	1027.6
	943.7	1171.5	1035.3	1203.1	805.1	1139.5	803.5	1118.2	1030.0	1190.9	1009.0	895.7	841.3	953.2	1028.7	1040.9	1121.1	950.4	841.8	881.3	1166.8	1086.2	943.7	1040.9
	955.7	1186.4	1048.5	1218.5	815.3	1154.1	813.7	1132.5	1043.1	1206.1	1021.8	907.1	852.0	965.4	1041.8	1054.1	1135.3	962.5	852.5	892.5	1181.7	1100.0	955.7	1054.1
	967.7	1201.4	1061.7	1233.8	825.6	1168.6	823.9	1146.7	1056.3	1221.3	1034.6	918.5	862.7	977.5	1054.9	1067.4	1149.6	974.6	863.2	903.7	1196.5	1113.8	967.7	1067.4
	979.7	1216.3	1074.8	1249.1	835.8	1183.1	834.1	1160.9	1069.4	1236.4	1047.5	929.9	873.5	989.6	1068.0	1080.6	1163.9	986.7	873.9	914.9	1211.4	1127.7	979.7	1080.6
	991.7	1231.2	1088.0	1264.4	846.1	1197.6	844.4	1175.2	1082.5	1251.6	1060.3	941.3	884.2	1001.8	1081.0	1093.8	1178.1	998.8	884.6	926.1	1226.2	1141.5	991.7	1093.8
23	1003.7	1246.1	1101.2	1279.7	856.3	1212.1	854.6	1189.4	1095.6	1266.7	1073.2	952.7	894.9	1013.9	1094.1	1107.1	1192.4	1010.9	895.4	937.4	1241.1	1155.3	1003.7	1107.1
	1015.7	1261.0	1114.4	1295.0	866.5	1226.6	864.8	1203.6	1108.7	1281.9	1086.0	964.1	905.6	1026.0	1107.2	1120.3	1206.7	1023.0	906.1	948.6	1255.9	1169.1	1015.7	1120.3
	1027.7	1275.9	1127.6	1310.3	876.8	1241.1	875.1	1217.8	1121.8	1297.0	1098.8	975.5	916.3	1038.2	1120.3	1133.6	1221.0	1035.0	916.8	959.8	1270.8	1183.0	1027.7	1133.6
	1039.7	1290.8	1140.7	1325.7	887.0	1255.6	885.3	1232.1	1134.9	1312.2	1111.7	986.9	927.0	1050.3	1133.4	1146.8	1235.2	1047.1	927.5	971.0	1285.6	1196.8	1039.7	1146.8
	1051.7	1305.7	1153.9	1341.0	897.3	1270.1	895.5	1246.3	1148.0	1327.4	1124.5	998.3	937.7	1062.4	1146.5	1160.1	1249.5	1059.2	938.2	982.2	1300.5	1210.6	1051.7	1160.1
	793.2	1091.2	1119.7	1081.8	876.4	1075.7	890.1	1123.6	1087.4	928.8	1030.0	900.2	1136.2	797.7	1159.0	853.8	972.6	1138.8	1154.0	884.6	1105.4	1105.8	1091.2	1030.0
	803.5	1105.3	1134.1	1095.8	887.7	1089.6	901.6	1138.1	1101.4	940.7	1043.3	911.8	1150.9	808.0	1173.9	864.8	985.2	1153.5	1168.9	896.0	1119.6	1120.0	1105.3	1043.3
	813.7	1119.4	1148.6	1109.7	899.0	1103.4	913.1	1152.6	1115.4	952.7	1056.6	923.4	1165.5	818.3	1188.9	875.8	997.7	1168.2	1183.8	907.4	1133.9	1134.3	1119.4	1056.6
	823.9	1133.4	1163.0	1123.7	910.3	1117.3	924.6	1167.0	1129.4	964.7	1069.9	935.0	1180.2	828.6	1203.8	886.9	1010.2	1182.9	1198.7	918.8	1148.1	1148.5	1133.4	1069.9
	834.1	1147.5	1177.5	1137.6	921.6	1131.2	936.0	1181.5	1143.5	976.7	1083.1	946.6	1194.8	838.9	1218.8	897.9	1022.8	1197.6	1213.6	930.2	1162.4	1162.8	1147.5	1083.1
	844.4	1161.6	1191.9	1151.6	932.9	1145.0	947.5	1196.0	1157.5	988.6	1096.4	958.2	1209.5	849.1	1233.7	908.9	1035.3	1212.3	1228.4	941.6	1176.6	1177.0	1161.6	1096.4
24	854.6	1175.6	1206.3	1165.5	944.2	1158.9	959.0	1210.5	1171.5	1000.6	1109.7	969.8	1224.1	859.4	1248.6	919.9	1047.9	1226.9	1243.3	953.0	1190.9	1191.3	1175.6	1109.7
	864.8	1189.7	1220.8	1179.4	955.5	1172.8	970.5	1225.0	1185.5	1012.6	1123.0	981.4	1238.8	869.7	1263.6	930.9	1060.4	1241.6	1258.2	964.4	1205.1	1205.6	1189.7	1123.0
	875.1	1203.8	1235.2	1193.4	966.8	1186.6	981.9	1239.5	1199.5	1024.6	1136.3	993.0	1253.4	880.0	1278.5	941.9	1072.9	1256.3	1273.1	975.8	1219.4	1219.8	1203.8	1136.3
	885.3	1217.8	1249.6	1207.3	978.1	1200.5	993.4	1254.0	1213.5	1036.5	1149.5	1004.7	1268.1	890.3	1293.5	952.9	1085.5	1271.0	1287.9	987.2	1233.6	1234.1	1217.8	1149.5
	895.5	1231.9	1264.1	1221.3	989.4	1214.4	1004.9	1268.4	1227.6	1048.5	1162.8	1016.3	1282.7	900.6	1308.4	963.9	1098.0	1285.7	1302.8	998.6	1247.9	1248.3	1231.9	1162.8
	645.4	649.2	614.3	730.9	591.0	746.1	646.1	734.0	876.4	645.7	643.7	829.0	687.6	796.7	834.2	875.1	676.3	880.7	693.6	838.6	786.3	832.8	646.1	834.2
	653.0	656.9	621.6	739.6	598.0	755.0	653.8	742.7	886.8	653.4	651.4	838.9	695.8	806.2	844.1	885.5	684.4	891.1	701.9	848.6	795.6	842.7	653.8	844.1
	660.7	664.6	628.9	748.3	605.1	763.8	661.4	751.5	897.2	661.0	659.0	848.7	704.0	815.7	854.0	896.0	692.4	901.6	710.1	858.6	805.0	852.6	661.4	854.0
	668.4	672.3	636.2	757.0	612.1	772.7	669.1	760.2	907.7	668.7	666.7	858.6	712.2	825.2	863.9	906.4	700.5	912.1	718.4	868.5	814.3	862.5	669.1	863.9
	676.1	680.1	643.5	765.7	619.1	781.6	676.8	768.9	918.1	676.4	674.3	868.4	720.3	834.7	873.8	916.8	708.5	922.6	726.6	878.5	823.7	872.4	676.8	873.8
	683.7	687.8	650.8	774.4	626.2	790.5	684.5	777.7	928.5	684.1	682.0	878.3	728.5	844.1	883.8	927.2	716.6	933.0	734.9	888.5	833.0	882.3	684.5	883.8
	691.4	695.5	658.1	783.1	633.2	799.3	692.2	786.4	938.9	691.8	689.7	888.2	736.7	853.6	893.7	937.6	724.6	943.5	743.1	898.5	842.4	892.2	692.2	893.7
	699.1	703.2	665.4	791.8	640.2	808.2	699.9	795.1	949.4	699.5	697.3	898.0	744.9	863.1	903.6	948.0	732.6	954.0	751.4	908.4	851.7	902.1	699.9	903.6

25	706.8	711.0	672.7	800.5	647.2	817.1	707.5	803.9	959.8	707.1	705.0	907.9	753.1	872.6	913.5	958.4	740.7	964.5	759.7	918.4	861.1	912.1	707.5	913.5
	714.5	718.7	680.0	809.2	654.3	826.0	715.2	812.6	970.2	714.8	712.6	917.7	761.2	882.0	923.5	968.8	748.7	974.9	767.9	928.4	870.4	922.0	715.2	923.5
	722.1	726.4	687.3	817.9	661.3	834.8	722.9	821.3	980.6	722.5	720.3	927.6	769.4	891.5	933.4	979.2	756.8	985.4	776.2	938.4	879.8	931.9	722.9	933.4
	840.9	674.7	822.7	785.9	830.1	779.9	799.9	828.3	669.0	846.5	729.5	591.0	695.8	598.6	707.0	659.2	682.9	860.8	742.6	813.5	877.6	625.9	799.9	822.7
	850.9	682.7	832.4	795.3	840.0	789.2	809.4	838.2	676.9	856.5	738.2	598.0	704.1	605.8	715.4	667.0	691.0	871.0	751.5	823.2	888.0	633.3	809.4	832.4
	860.9	690.8	842.2	804.6	849.9	798.5	819.0	848.0	684.9	866.6	746.9	605.1	712.4	612.9	723.8	674.8	699.1	881.3	760.3	832.8	898.4	640.8	819.0	842.2
	870.9	698.8	852.0	814.0	859.7	807.8	828.5	857.9	692.9	876.7	755.6	612.1	720.6	620.0	732.2	682.7	707.2	891.5	769.1	842.5	908.9	648.2	828.5	852.0
	880.9	706.8	861.8	823.3	869.6	817.0	838.0	867.7	700.8	886.7	764.2	619.1	728.9	627.1	740.6	690.5	715.4	901.7	778.0	852.2	919.3	655.7	838.0	861.8
	890.9	714.8	871.6	832.7	879.5	826.3	847.5	877.6	708.8	896.8	772.9	626.2	737.2	634.2	749.0	698.4	723.5	912.0	786.8	861.9	929.8	663.1	847.5	871.6
	900.9	722.9	881.4	842.0	889.4	835.6	857.0	887.4	716.7	906.9	781.6	633.2	745.5	641.4	757.4	706.2	731.6	922.2	795.7	871.5	940.2	670.6	857.0	881.4
	911.0	730.9	891.2	851.3	899.2	844.9	866.5	897.3	724.7	916.9	790.3	640.2	753.8	648.5	765.9	714.0	739.7	932.5	804.5	881.2	950.6	678.0	866.5	891.2
	921.0	738.9	900.9	860.7	909.1	854.1	876.1	907.1	732.6	927.0	798.9	647.2	762.0	655.6	774.3	721.9	747.8	942.7	813.3	890.9	961.1	685.4	876.1	900.9
	931.0	746.9	910.7	870.0	919.0	863.4	885.6	917.0	740.6	937.1	807.6	654.3	770.3	662.7	782.7	729.7	756.0	952.9	822.2	900.6	971.5	692.9	885.6	910.7
	941.0	755.0	920.5	879.4	928.9	872.7	895.1	926.8	748.6	947.2	816.3	661.3	778.6	669.8	791.1	737.6	764.1	963.2	831.0	910.3	982.0	700.3	895.1	920.5
	1040.6	932.2	1043.2	919.2	844.6	1107.2	862.3	1000.3	968.8	1030.1	835.6	1131.9	798.9	1163.4	1056.0	1118.5	793.2	964.2	862.4	984.6	829.7	875.5	798.9	1056.0
26	1054.0	944.2	1056.6	931.1	855.4	1121.5	873.4	1013.2	981.3	1043.4	846.3	1146.5	809.2	1178.4	1069.6	1133.0	803.5	976.6	873.5	997.3	840.4	886.8	809.2	1069.6
	1067.4	956.3	1070.1	942.9	866.3	1135.7	884.5	1026.1	993.8	1056.7	857.1	1161.1	819.5	1193.4	1083.3	1147.4	813.7	989.0	884.6	1010.0	851.1	898.1	819.5	1083.3
	1080.8	968.3	1083.5	954.8	877.2	1150.0	895.6	1039.0	1006.3	1070.0	867.9	1175.7	829.8	1208.4	1096.9	1161.8	823.9	1001.5	895.7	1022.7	861.8	909.3	829.8	1096.9
	1094.2	980.3	1097.0	966.6	888.1	1164.3	906.8	1051.9	1018.8	1083.3	878.6	1190.2	840.1	1223.4	1110.5	1176.2	834.1	1013.9	906.8	1035.4	872.5	920.6	840.1	1110.5
	1107.6	992.3	1110.4	978.5	899.0	1178.5	917.9	1064.8	1031.2	1096.5	889.4	1204.8	850.4	1238.4	1124.1	1190.6	844.4	1026.3	917.9	1048.1	883.2	931.9	850.4	1124.1
	1121.1	1004.3	1123.9	990.3	909.9	1192.8	929.0	1077.7	1043.7	1109.8	900.2	1219.4	860.7	1253.4	1137.7	1205.1	854.6	1038.8	929.1	1060.8	893.9	943.2	860.7	1137.7
	1134.5	1016.3	1137.3	1002.2	920.8	1207.1	940.1	1090.6	1056.2	1123.1	911.0	1234.0	871.0	1268.4	1151.3	1219.5	864.8	1051.2	940.2	1073.5	904.6	954.5	871.0	1151.3
	1147.9	1028.4	1150.8	1014.0	931.7	1221.4	951.2	1103.5	1068.7	1136.4	921.7	1248.6	881.3	1283.4	1164.9	1233.9	875.1	1063.6	951.3	1086.2	915.3	965.8	881.3	1164.9
	1161.3	1040.4	1164.2	1025.9	942.5	1235.6	962.3	1116.4	1081.2	1149.7	932.5	1263.2	891.6	1298.4	1178.6	1248.3	885.3	1076.1	962.4	1098.9	926.0	977.1	891.6	1178.6
	1174.7	1052.4	1177.7	1037.7	953.4	1249.9	973.5	1129.3	1093.7	1162.9	943.3	1277.8	901.9	1313.4	1192.2	1262.7	895.5	1088.5	973.5	1111.5	936.7	988.4	901.9	1192.2
	505.8	534.8	436.7	402.0	496.2	415.1	493.0	455.9	468.4	506.8	553.5	472.0	511.1	571.6	491.7	492.8	453.9	475.7	427.6	460.8	442.8	484.2	534.8	472.0
	550.5	582.1	475.3	437.5	540.0	451.8	536.6	496.3	509.8	551.6	602.4	513.7	556.3	622.1	535.2	536.4	494.0	517.8	465.4	501.5	481.9	527.0	582.1	513.7
	595.3	629.4	513.9	473.0	583.9	488.4	580.2	536.6	551.2	596.4	651.3	555.4	601.5	672.7	578.7	580.0	534.1	559.8	503.2	542.3	521.1	569.8	629.4	555.4
	640.0	676.7	552.5	508.6	627.7	525.1	623.8	576.9	592.6	641.2	700.2	597.1	646.6	723.2	622.2	623.5	574.2	601.9	541.0	583.0	560.2	612.6	676.7	597.1
	684.7	724.0	591.1	544.1	671.6	561.8	667.4	617.2	634.1	686.0	749.2	638.9	691.8	773.7	665.6	667.1	614.4	643.9	578.8	623.7	599.4	655.4	724.0	638.9
	729.4	771.2	629.7	579.6	715.5	598.5	711.0	657.5	675.5	730.8	798.1	680.6	737.0	824.3	709.1	710.7	654.5	686.0	616.6	664.5	638.5	698.2	771.2	680.6
	774.1	818.5	668.3	615.2	759.3	635.2	754.5	697.8	716.9	775.6	847.0	722.3	782.2	874.8	752.6	754.2	694.6	728.0	654.4	705.2	677.7	741.0	818.5	722.3
27	818.8	865.8	706.9	650.7	803.2	671.9	798.1	738.1	758.3	820.4	895.9	764.0	827.4	925.3	796.0	797.8	734.7	770.1	692.2	745.9	716.8	783.8	865.8	764.0
	863.6	913.1	745.5	686.2	847.0	708.6	841.7	778.4	799.7	865.2	944.9	805.8	872.5	975.9	839.5	841.4	774.8	812.1	730.0	786.7	755.9	826.6	913.1	805.8

28	908.3	960.4	784.1	721.8	890.9	745.3	885.3	818.7	841.1	909.9	993.8	847.5	917.7	1026.4	883.0	884.9	815.0	854.2	767.8	827.4	795.1	869.4	960.4	847.5
	953.0	1007.6	822.7	757.3	934.8	782.0	928.9	859.0	882.5	954.7	1042.7	889.2	962.9	1076.9	926.5	928.5	855.1	896.2	805.6	868.1	834.2	912.2	1007.6	889.2
	588.5	510.3	439.2	526.4	429.1	423.0	402.0	570.3	444.4	492.7	588.5	448.5	593.4	579.3	458.6	460.6	558.9	504.5	583.7	429.6	453.4	554.2	526.4	588.5
	640.5	555.4	478.1	572.9	467.0	460.4	437.5	620.7	483.7	536.3	640.5	488.2	645.9	630.5	499.1	501.3	608.3	549.1	635.3	467.6	493.5	603.2	572.9	640.5
	692.5	600.5	516.9	619.5	505.0	497.8	473.0	671.1	523.0	579.8	692.5	527.8	698.3	681.8	539.7	542.0	657.7	593.7	686.9	505.6	533.5	652.2	619.5	692.5
	744.5	645.7	555.7	666.0	542.9	535.2	508.6	721.5	562.3	623.4	744.5	567.4	750.8	733.0	580.2	582.8	707.1	638.3	738.5	543.6	573.6	701.2	666.0	744.5
	796.6	690.8	594.6	712.6	580.9	572.6	544.1	771.9	601.6	666.9	796.6	607.1	803.3	784.2	620.7	623.5	756.5	682.9	790.1	581.6	613.7	750.2	712.6	796.6
	848.6	735.9	633.4	759.1	618.8	610.0	579.6	822.3	640.9	710.5	848.6	646.7	855.7	835.4	661.3	664.2	805.9	727.5	841.7	619.5	653.8	799.2	759.1	848.6
	900.6	781.0	672.2	805.6	656.7	647.4	615.2	872.7	680.2	754.1	900.6	686.4	908.2	886.6	701.8	704.9	855.3	772.1	893.3	657.5	693.8	848.2	805.6	900.6
	952.6	826.1	711.0	852.2	694.7	684.8	650.7	923.2	719.5	797.6	952.6	726.0	960.6	937.8	742.4	745.6	904.8	816.7	944.9	695.5	733.9	897.2	852.2	952.6
	1004.6	871.2	749.9	898.7	732.6	722.2	686.2	973.6	758.8	841.2	1004.7	765.7	1013.1	989.0	782.9	786.4	954.2	861.3	996.5	733.5	774.0	946.2	898.7	1004.7
29	1056.7	916.3	788.7	945.2	770.5	759.6	721.8	1024.0	798.1	884.7	1056.7	805.3	1065.6	1040.3	823.4	827.1	1003.6	905.9	1048.1	771.5	814.1	995.2	945.2	1056.7
	1108.7	961.5	827.5	991.8	808.5	797.0	757.3	1074.4	837.3	928.3	1108.7	845.0	1118.0	1091.5	864.0	867.8	1053.0	950.5	1099.7	809.4	854.2	1044.2	991.8	1108.7
	712.6	776.3	876.8	594.6	750.9	737.9	797.3	608.5	866.6	786.6	822.6	717.0	772.3	882.1	871.0	813.0	592.3	641.0	708.2	660.4	885.7	686.0	797.3	772.3
	744.0	810.4	915.4	620.7	783.9	770.4	832.4	635.3	904.7	821.2	858.8	748.6	806.3	920.9	909.3	848.7	618.4	669.2	739.3	689.5	924.7	716.2	832.4	806.3
	775.3	844.6	954.0	646.9	817.0	802.9	867.4	662.1	942.8	855.8	895.0	780.1	840.3	959.7	947.7	884.5	644.5	697.4	770.5	718.6	963.7	746.3	867.4	840.3
	806.7	878.8	992.6	673.1	850.0	835.4	902.5	688.8	980.9	890.4	931.2	811.7	874.3	998.5	986.0	920.3	670.5	725.6	801.7	747.6	1002.6	776.5	902.5	874.3
	838.0	912.9	1031.2	699.2	883.0	867.8	937.6	715.6	1019.1	925.0	967.4	843.2	908.2	1037.3	1024.3	956.0	696.6	753.8	832.8	776.7	1041.6	806.7	937.6	908.2
	869.4	947.1	1069.7	725.4	916.1	900.3	972.7	742.4	1057.2	959.6	1003.6	874.8	942.2	1076.1	1062.7	991.8	722.7	782.0	864.0	805.7	1080.6	836.9	972.7	942.2
	900.8	981.2	1108.3	751.6	949.1	932.8	1007.8	769.2	1095.3	994.2	1039.8	906.3	976.2	1115.0	1101.0	1027.6	748.7	810.2	895.1	834.8	1119.6	867.1	1007.8	976.2
	932.1	1015.4	1146.9	777.7	982.2	965.2	1042.8	795.9	1133.5	1028.8	1076.0	937.9	1010.2	1153.8	1139.3	1063.4	774.8	838.4	926.3	863.9	1158.5	897.3	1042.8	1010.2
	963.5	1049.6	1185.5	803.9	1015.2	997.7	1077.9	822.7	1171.6	1063.4	1112.2	969.4	1044.2	1192.6	1177.6	1099.1	800.9	866.6	957.5	892.9	1197.5	927.4	1077.9	1044.2
30	994.8	1083.7	1224.1	830.0	1048.2	1030.2	1113.0	849.5	1209.7	1098.0	1148.4	1001.0	1078.2	1231.4	1216.0	1134.9	826.9	894.8	988.6	922.0	1236.5	957.6	1113.0	1078.2
	1026.2	1117.9	1262.7	856.2	1081.3	1062.7	1148.1	876.3	1247.9	1132.7	1184.6	1032.5	1112.1	1270.2	1254.3	1170.7	853.0	923.0	1019.8	951.1	1275.5	987.8	1148.1	1112.1
	715.2	1012.5	957.5	902.6	1005.8	1017.7	787.2	902.9	966.0	709.1	756.5	1042.7	864.8	816.4	784.9	989.9	1046.2	950.1	791.7	867.3	717.2	975.9	957.5	787.2
	744.8	1054.4	997.2	939.9	1047.4	1059.8	819.8	940.3	1006.0	738.5	787.8	1085.9	900.6	850.2	817.4	1030.9	1089.5	989.5	824.4	903.2	746.9	1016.2	997.2	819.8
	774.4	1096.3	1036.8	977.3	1089.0	1102.0	852.4	977.6	1045.9	767.8	819.1	1129.0	936.4	884.0	849.8	1071.8	1132.8	1028.8	857.2	939.1	776.6	1056.6	1036.8	852.4
	804.0	1138.3	1076.4	1014.6	1130.6	1144.1	885.0	1015.0	1085.9	797.2	850.4	1172.2	972.2	917.7	882.3	1112.8	1176.1	1068.1	890.0	975.0	806.3	1097.0	1076.4	885.0
	833.6	1180.2	1116.1	1052.0	1172.3	1186.2	917.5	1052.4	1125.9	826.5	881.7	1215.3	1008.0	951.5	914.8	1153.8	1219.4	1107.4	922.7	1010.9	835.9	1137.4	1116.1	917.5
	863.2	1222.1	1155.7	1089.3	1213.9	1228.3	950.1	1089.7	1165.9	855.9	913.0	1258.5	1043.8	985.3	947.3	1194.7	1262.8	1146.8	955.5	1046.8	865.6	1177.8	1155.7	950.1
	892.8	1264.0	1195.3	1126.7	1255.5	1270.5	982.7	1127.1	1205.9	885.2	944.4	1301.6	1079.6	1019.1	979.8	1235.7	1306.1	1186.1	988.3	1082.7	895.3	1218.2	1195.3	982.7
	922.4	1305.9	1235.0	1164.0	1297.2	1312.6	1015.3	1164.5	1245.8	914.6	975.7	1344.8	1115.4	1052.9	1012.3	1276.7	1349.4	1225.4	1021.0	1118.6	925.0	1258.6	1235.0	1015.3
	952.0	1347.8	1274.6	1201.4	1338.8	1354.7	1047.9	1201.9	1285.8	944.0	1007.0	1388.0	1151.2	1086.7	1044.8	1317.7	1392.7	1264.7	1053.8	1154.5	954.7	1299.0	1274.6	1047.9
	981.6	1389.7	1314.2	1238.8	1380.4	1396.8	1080.5	1239.2	1325.8	973.3	1038.3	1431.1	1187.0	1120.5	1077.2	1358.6	1436.0	1304.1	1086.6	1190.4	984.4	1339.4	1314.2	1080.5

	1011.2	1431.6	1353.9	1276.1	1422.0	1438.9	1113.0	1276.6	1365.8	1002.7	1069.6	1474.3	1222.8	1154.3	1109.7	1399.6	1479.3	1343.4	1119.3	1226.3	1014.1	1379.8	1353.9	1113.0
31	1410.3	1169.9	1653.9	1679.5	1343.9	1528.4	1222.8	1328.8	1699.3	1341.6	1256.6	1374.5	1414.8	1638.8	1514.6	1592.0	1200.5	1674.2	1262.1	1277.4	1295.3	1713.9	1410.3	1592.0
	1430.4	1186.6	1677.5	1703.4	1363.0	1550.2	1240.3	1347.8	1723.6	1360.8	1274.5	1394.2	1435.0	1662.2	1536.2	1614.7	1217.6	1698.1	1280.1	1295.7	1313.8	1738.4	1430.4	1614.7
	1450.5	1203.3	1701.1	1727.4	1382.2	1572.0	1257.7	1366.8	1747.8	1379.9	1292.4	1413.8	1455.2	1685.5	1557.8	1637.4	1234.7	1722.0	1298.1	1313.9	1332.3	1762.9	1450.5	1637.4
	1470.6	1219.9	1724.7	1751.4	1401.4	1593.8	1275.2	1385.7	1772.1	1399.1	1310.4	1433.4	1475.4	1708.9	1579.4	1660.1	1251.9	1745.9	1316.1	1332.1	1350.8	1787.3	1470.6	1660.1
	1490.8	1236.6	1748.3	1775.4	1420.6	1615.7	1292.6	1404.7	1796.3	1418.2	1328.3	1453.0	1495.6	1732.3	1601.1	1682.9	1269.0	1769.8	1334.1	1350.4	1369.3	1811.8	1490.8	1682.9
	1510.9	1253.3	1771.9	1799.3	1439.7	1637.5	1310.1	1423.7	1820.6	1437.4	1346.2	1472.6	1515.8	1755.7	1622.7	1705.6	1286.1	1793.7	1352.1	1368.6	1387.7	1836.2	1510.9	1705.6
	1531.0	1270.0	1795.5	1823.3	1458.9	1659.3	1327.5	1442.6	1844.9	1456.5	1364.2	1492.2	1536.0	1779.1	1644.3	1728.3	1303.3	1817.6	1370.1	1386.8	1406.2	1860.7	1531.0	1728.3
	1551.1	1286.7	1819.1	1847.3	1478.1	1681.1	1345.0	1461.6	1869.1	1475.7	1382.1	1511.9	1556.2	1802.5	1665.9	1751.0	1320.4	1841.5	1388.1	1405.1	1424.7	1885.2	1551.1	1751.0
	1571.3	1303.4	1842.7	1871.2	1497.3	1702.9	1362.4	1480.6	1893.4	1494.8	1400.0	1531.5	1576.4	1825.9	1687.5	1773.7	1337.5	1865.4	1406.1	1423.3	1443.2	1909.6	1571.3	1773.7
	1591.4	1320.1	1866.3	1895.2	1516.5	1724.7	1379.9	1499.5	1917.6	1514.0	1418.0	1551.1	1596.6	1849.3	1709.1	1796.5	1354.7	1889.3	1424.2	1441.5	1461.7	1934.1	1591.4	1796.5
	1611.5	1336.8	1889.9	1919.2	1535.6	1746.5	1397.3	1518.5	1941.9	1533.1	1435.9	1570.7	1616.8	1872.7	1730.8	1819.2	1371.8	1913.2	1442.2	1459.8	1480.2	1958.6	1611.5	1819.2
32	1457.7	1689.6	1189.0	1276.1	1223.3	1481.3	1704.5	1492.3	1484.8	1509.3	1724.0	1322.6	1321.1	1581.4	1526.0	1541.9	1652.9	1440.7	1356.3	1227.9	1169.9	1722.5	1481.3	1526.0
	1478.5	1713.7	1205.9	1294.3	1240.8	1502.5	1728.8	1513.6	1505.9	1530.9	1748.6	1341.5	1340.0	1604.0	1547.8	1563.9	1676.5	1461.2	1375.7	1245.4	1186.6	1747.0	1502.5	1547.8
	1499.3	1737.8	1222.9	1312.6	1258.2	1523.6	1753.1	1534.9	1527.1	1552.4	1773.2	1360.3	1358.8	1626.6	1569.6	1585.9	1700.0	1481.8	1395.0	1263.0	1203.3	1771.6	1523.6	1569.6
	1520.1	1761.9	1239.9	1330.8	1275.7	1544.7	1777.4	1556.2	1548.3	1574.0	1797.8	1379.2	1377.7	1649.2	1591.3	1607.9	1723.6	1502.4	1414.4	1280.5	1219.9	1796.2	1544.7	1591.3
	1540.9	1786.0	1256.9	1349.0	1293.1	1565.9	1801.8	1577.5	1569.5	1595.5	1822.4	1398.1	1396.5	1671.7	1613.1	1629.9	1747.2	1522.9	1433.8	1298.0	1236.6	1820.8	1565.9	1613.1
	1561.7	1810.2	1273.8	1367.2	1310.6	1587.0	1826.1	1598.8	1590.7	1617.1	1847.0	1417.0	1415.4	1694.3	1634.9	1651.9	1770.8	1543.5	1453.1	1315.5	1253.3	1845.4	1587.0	1634.9
	1582.5	1834.3	1290.8	1385.4	1328.1	1608.2	1850.4	1620.1	1611.9	1638.6	1871.6	1435.8	1434.2	1716.9	1656.7	1673.9	1794.4	1564.0	1472.5	1333.1	1270.0	1870.0	1608.2	1656.7
	1603.3	1858.4	1307.8	1403.6	1345.5	1629.3	1874.7	1641.4	1633.1	1660.1	1896.2	1454.7	1453.1	1739.4	1678.5	1695.9	1818.0	1584.6	1491.8	1350.6	1286.7	1894.5	1629.3	1678.5
	1624.1	1882.5	1324.7	1421.8	1363.0	1650.4	1899.1	1662.7	1654.3	1681.7	1920.8	1473.6	1471.9	1762.0	1700.2	1717.9	1841.6	1605.2	1511.2	1368.1	1303.4	1919.1	1650.4	1700.2
	1644.9	1906.6	1341.7	1440.0	1380.4	1671.6	1923.4	1684.0	1675.5	1703.2	1945.4	1492.5	1490.8	1784.6	1722.0	1739.9	1865.2	1625.7	1530.5	1385.6	1320.1	1943.7	1671.6	1722.0
	1665.7	1930.7	1358.7	1458.3	1397.9	1692.7	1947.7	1705.3	1696.7	1724.8	1970.1	1511.3	1509.7	1807.1	1743.8	1761.9	1888.8	1646.3	1549.9	1403.2	1336.8	1968.3	1692.7	1743.8
33	2168.4	1745.4	2220.4	2225.9	2372.5	2212.5	1919.2	1707.3	1660.9	2385.9	2410.0	2160.7	2256.1	2156.1	2048.1	2299.2	1799.6	2350.8	2080.7	1693.1	2164.7	2221.4	1693.1	1919.2
	2174.3	1750.2	2226.5	2231.9	2378.9	2218.5	1924.4	1712.0	1665.5	2392.4	2416.5	2166.6	2262.2	2161.9	2053.7	2305.5	1804.5	2357.2	2086.4	1697.7	2170.5	2227.4	1697.7	1924.4
	2180.2	1754.9	2232.5	2238.0	2385.4	2224.5	1929.6	1716.6	1670.0	2398.9	2423.1	2172.5	2268.3	2167.8	2059.3	2311.7	1809.4	2363.6	2092.1	1702.3	2176.4	2233.5	1702.3	1929.6
	2186.1	1759.7	2238.5	2244.1	2391.9	2230.6	1934.9	1721.3	1674.5	2405.4	2429.7	2178.4	2274.5	2173.7	2064.8	2318.0	1814.3	2370.0	2097.7	1706.9	2182.3	2239.5	1706.9	1934.9
	2192.0	1764.4	2244.6	2250.1	2398.3	2236.6	1940.1	1725.9	1679.0	2411.9	2436.2	2184.3	2280.6	2179.5	2070.4	2324.2	1819.2	2376.4	2103.4	1711.5	2188.2	2245.6	1711.5	1940.1
	2197.9	1769.2	2250.6	2256.2	2404.8	2242.6	1945.3	1730.6	1683.5	2418.4	2442.8	2190.2	2286.8	2185.4	2076.0	2330.5	1824.1	2382.8	2109.0	1716.1	2194.1	2251.6	1716.1	1945.3
	2203.8	1773.9	2256.7	2262.2	2411.2	2248.6	1950.5	1735.2	1688.1	2424.9	2449.3	2196.0	2292.9	2191.3	2081.6	2336.8	1829.0	2389.2	2114.7	1720.7	2200.0	2257.6	1720.7	1950.5
	2209.7	1778.7	2262.7	2268.3	2417.7	2254.7	1955.8	1739.9	1692.6	2431.4	2455.9	2201.9	2299.1	2197.1	2087.2	2343.0	1833.9	2395.6	2120.4	1725.3	2205.9	2263.7	1725.3	1955.8
	2215.6	1783.4	2268.8	2274.4	2424.1	2260.7	1961.0	1744.5	1697.1	2437.9	2462.5	2207.8	2305.2	2203.0	2092.7	2349.3	1838.8	2402.0	2126.0	1729.9	2211.8	2269.7	1729.9	1961.0
	2221.5	1788.2	2274.8	2280.4	2430.6	2266.7	1966.2	1749.2	1701.6	2444.4	2469.0	2213.7	2311.3	2208.9	2098.3	2355.5	1843.7	2408.4	2131.7	1734.6	2217.7	2275.8	1734.6	1966.2
	2227.4	1792.9	2280.9	2286.5	2437.1	2272.7	1971.5	1753.8	1706.2	2450.9	2475.6	2219.6	2317.5	2214.8	2103.9	2361.8	1848.6	2414.8	2137.4	1739.2	2223.6	2281.8	1739.2	1971.5

34	983.5	1046.5	887.2	902.2	870.0	892.5	1036.5	939.5	974.7	1187.0	1102.1	1176.8	1066.0	1184.2	850.4	1085.9	1072.8	793.2	813.4	1062.9	997.0	875.5	892.5	850.4
	996.2	1060.0	898.6	913.9	881.2	904.0	1049.9	951.6	987.3	1202.3	1116.3	1192.0	1079.7	1199.5	861.4	1099.9	1086.6	803.5	823.9	1076.6	1009.9	886.8	904.0	861.4
	1008.9	1073.5	910.1	925.5	892.4	915.5	1063.2	963.7	999.9	1217.6	1130.6	1207.2	1093.5	1214.8	872.3	1113.9	1100.4	813.7	834.4	1090.3	1022.7	898.0	915.5	872.3
	1021.6	1087.0	921.5	937.1	903.6	927.0	1076.6	975.8	1012.4	1233.0	1144.8	1222.4	1107.2	1230.0	883.3	1127.9	1114.2	823.9	844.9	1104.0	1035.6	909.3	927.0	883.3
	1034.2	1100.5	932.9	948.8	914.8	938.5	1089.9	987.9	1025.0	1248.3	1159.0	1237.5	1121.0	1245.3	894.3	1141.9	1128.1	834.1	855.4	1117.7	1048.4	920.6	938.5	894.3
	1046.9	1114.0	944.4	960.4	926.0	950.0	1103.3	1000.1	1037.6	1263.6	1173.2	1252.7	1134.7	1260.6	905.2	1155.9	1141.9	844.4	865.8	1131.4	1061.3	931.9	950.0	905.2
	1059.6	1127.4	955.8	972.0	937.3	961.5	1116.7	1012.2	1050.1	1278.9	1187.4	1267.9	1148.5	1275.8	916.2	1169.9	1155.7	854.6	876.3	1145.1	1074.2	943.2	961.5	916.2
	1072.3	1140.9	967.3	983.7	948.5	973.0	1130.0	1024.3	1062.7	1294.2	1201.6	1283.0	1162.2	1291.1	927.2	1183.9	1169.6	864.8	886.8	1158.8	1087.0	954.5	973.0	927.2
	1085.0	1154.4	978.7	995.3	959.7	984.6	1143.4	1036.4	1075.2	1309.5	1215.8	1298.2	1175.9	1306.4	938.1	1197.9	1183.4	875.1	897.3	1172.5	1099.9	965.8	984.6	938.1
	1097.6	1167.9	990.1	1006.9	970.9	996.1	1156.8	1048.5	1087.8	1324.8	1230.0	1313.4	1189.7	1321.6	949.1	1211.9	1197.2	885.3	907.8	1186.2	1112.7	977.0	996.1	949.1
35	1110.3	1181.4	1001.6	1018.6	982.1	1007.6	1170.1	1060.6	1100.4	1340.1	1244.2	1328.6	1203.4	1336.9	960.0	1225.9	1211.0	895.5	918.3	1199.9	1125.6	988.3	1007.6	960.0
	1115.3	797.0	962.1	993.8	940.8	1133.9	903.0	989.1	1172.8	865.8	877.9	1086.7	848.5	1071.6	859.9	849.8	936.1	1080.2	1180.8	974.8	1138.6	793.2	1133.9	797.0
	1129.7	807.3	974.5	1006.6	952.9	1148.5	914.6	1001.8	1187.9	877.0	889.2	1100.7	859.4	1085.4	871.0	860.7	948.2	1094.1	1196.0	987.3	1153.3	803.5	1148.5	807.3
	1144.1	817.6	986.9	1019.4	965.0	1163.1	926.3	1014.6	1203.1	888.2	900.5	1114.7	870.4	1099.2	882.1	871.7	960.3	1108.0	1211.3	999.9	1168.0	813.7	1163.1	817.6
	1158.5	827.8	999.3	1032.2	977.1	1177.7	937.9	1027.3	1218.2	899.3	911.9	1128.7	881.3	1113.1	893.1	882.6	972.3	1121.9	1226.5	1012.5	1182.7	823.9	1177.7	827.8
	1172.8	838.1	1011.7	1045.1	989.3	1192.3	949.6	1040.1	1233.3	910.5	923.2	1142.7	892.2	1126.9	904.2	893.6	984.4	1135.9	1241.7	1025.0	1197.3	834.1	1192.3	838.1
	1187.2	848.4	1024.1	1057.9	1001.4	1207.0	961.2	1052.9	1248.4	921.7	934.5	1156.7	903.2	1140.7	915.3	904.5	996.5	1149.8	1256.9	1037.6	1212.0	844.4	1207.0	848.4
	1201.6	858.7	1036.5	1070.7	1013.5	1221.6	972.9	1065.6	1263.5	932.8	945.8	1170.7	914.1	1154.5	926.4	915.5	1008.5	1163.7	1272.1	1050.2	1226.7	854.6	1221.6	858.7
	1216.0	868.9	1048.9	1083.5	1025.7	1236.2	984.5	1078.4	1278.7	944.0	957.1	1184.7	925.1	1168.3	937.5	926.4	1020.6	1177.7	1287.4	1062.7	1241.4	864.8	1236.2	868.9
	1230.3	879.2	1061.3	1096.3	1037.8	1250.8	996.1	1091.1	1293.8	955.1	968.4	1198.7	936.0	1182.1	948.6	937.4	1032.7	1191.6	1302.6	1075.3	1256.1	875.1	1250.8	879.2
36	1244.7	889.5	1073.7	1109.1	1049.9	1265.4	1007.8	1103.9	1308.9	966.3	979.8	1212.8	946.9	1195.9	959.6	948.4	1044.7	1205.5	1317.8	1087.9	1270.7	885.3	1265.4	889.5
	1259.1	899.8	1086.1	1121.9	1062.0	1280.0	1019.4	1116.6	1324.0	977.5	991.1	1226.8	957.9	1209.8	970.7	959.3	1056.8	1219.4	1333.0	1100.4	1285.4	895.5	1280.0	899.8
	615.9	827.5	733.2	644.7	667.4	636.7	828.5	645.0	674.6	880.6	652.3	702.5	694.1	682.9	738.3	856.9	673.7	661.2	797.6	592.3	779.2	630.3	667.4	674.6
	643.0	863.9	765.5	673.1	696.8	664.7	865.0	673.4	704.3	919.3	681.0	733.4	724.7	713.0	770.8	894.6	703.4	690.3	832.7	618.4	813.5	658.0	696.8	704.3
	670.1	900.3	797.8	701.5	726.2	692.7	901.4	701.8	734.0	958.1	709.7	764.3	755.2	743.0	803.3	932.3	733.0	719.4	867.8	644.5	847.8	685.8	726.2	734.0
	697.2	936.7	830.0	729.8	755.5	720.7	937.9	730.2	763.7	996.8	738.4	795.3	785.8	773.1	835.7	970.0	762.7	748.5	902.9	670.5	882.1	713.5	755.5	763.7
	724.3	973.1	862.3	758.2	784.9	748.7	974.3	758.5	793.4	1035.6	767.1	826.2	816.3	803.1	868.2	1007.7	792.3	777.6	938.0	696.6	916.4	741.2	784.9	793.4
	751.4	1009.6	894.6	786.6	814.3	776.7	1010.8	786.9	823.1	1074.3	795.8	857.1	846.9	833.2	900.7	1045.4	822.0	806.7	973.1	722.7	950.7	769.0	814.3	823.1
	778.5	1046.0	926.8	814.9	843.6	804.8	1047.3	815.3	852.7	1113.0	824.5	888.0	877.4	863.2	933.2	1083.1	851.6	835.8	1008.2	748.7	985.0	796.7	843.6	852.7
	805.6	1082.4	959.1	843.3	873.0	832.8	1083.7	843.7	882.4	1151.8	853.2	918.9	908.0	893.3	965.7	1120.8	881.2	864.9	1043.3	774.8	1019.2	824.5	873.0	882.4
37	832.7	1118.8	991.3	871.7	902.4	860.8	1120.2	872.1	912.1	1190.5	881.9	949.8	938.5	923.3	998.2	1158.6	910.9	894.0	1078.4	800.9	1053.5	852.2	902.4	912.1
	859.8	1155.2	1023.6	900.0	931.8	888.8	1156.6	900.5	941.8	1229.3	910.6	980.7	969.0	953.4	1030.7	1196.3	940.5	923.1	1113.5	826.9	1087.8	879.9	931.8	941.8
	886.9	1191.6	1055.9	928.4	961.1	916.8	1193.1	928.8	971.5	1268.0	939.3	1011.6	999.6	983.4	1063.1	1234.0	970.2	952.2	1148.6	853.0	1122.1	907.7	961.1	971.5
37	824.5	1066.5	793.3	1114.7	1059.8	797.5	882.9	994.6	934.0	1132.2	793.2	811.0	813.4	947.3	995.7	1107.4	1042.8	1150.2	793.7	899.0	1086.7	1178.1	934.0	947.3

		835.2	1080.3	803.5	1129.1	1073.4	807.8	894.3	1007.4	946.0	1146.8	803.5	821.4	823.8	959.5	1008.6	1121.7	1056.2	1165.1	804.0	910.6	1100.7	1193.3	946.0	959.5
		845.8	1094.0	813.7	1143.4	1087.1	818.1	905.7	1020.2	958.1	1161.4	813.7	831.9	834.3	971.7	1021.4	1136.0	1069.7	1179.9	814.2	922.2	1114.7	1208.5	958.1	971.7
		856.4	1107.8	824.0	1157.8	1100.7	828.4	917.1	1033.1	970.1	1176.0	823.9	842.3	844.8	983.9	1034.2	1150.3	1083.1	1194.7	824.4	933.8	1128.7	1223.7	970.1	983.9
		867.1	1121.5	834.2	1172.2	1114.4	838.7	928.5	1045.9	982.1	1190.6	834.1	852.8	855.3	996.2	1047.1	1164.5	1096.5	1209.5	834.7	945.4	1142.7	1238.9	982.1	996.2
		877.7	1135.3	844.4	1186.5	1128.1	849.0	939.9	1058.7	994.2	1205.2	844.4	863.3	865.8	1008.4	1059.9	1178.8	1110.0	1224.4	844.9	957.0	1156.7	1254.1	994.2	1008.4
		888.3	1149.0	854.6	1200.9	1141.7	859.2	951.2	1071.5	1006.2	1219.8	854.6	873.7	876.3	1020.6	1072.7	1193.1	1123.4	1239.2	855.1	968.6	1170.7	1269.3	1006.2	1020.6
		898.9	1162.8	864.9	1215.3	1155.4	869.5	962.6	1084.3	1018.3	1234.4	864.8	884.2	886.8	1032.8	1085.6	1207.4	1136.9	1254.0	865.4	980.2	1184.7	1284.4	1018.3	1032.8
		909.6	1176.5	875.1	1229.7	1169.1	879.8	974.0	1097.2	1030.3	1249.0	875.1	894.6	897.2	1045.0	1098.4	1221.6	1150.3	1268.9	875.6	991.8	1198.7	1299.6	1030.3	1045.0
		920.2	1190.3	885.3	1244.0	1182.7	890.1	985.4	1110.0	1042.3	1263.6	885.3	905.1	907.7	1057.2	1111.2	1235.9	1163.8	1283.7	885.8	1003.3	1212.7	1314.8	1042.3	1057.2
		930.8	1204.0	895.5	1258.4	1196.4	900.4	996.8	1122.8	1054.4	1278.2	895.5	915.5	918.2	1069.4	1124.1	1250.2	1177.2	1298.5	896.1	1014.9	1226.7	1330.0	1054.4	1069.4
38		1169.9	1540.9	1659.6	1516.7	1553.0	1402.5	1678.9	1184.0	1356.3	1240.3	1736.4	1385.9	1649.2	1517.7	1656.3	1388.1	1351.1	1452.7	1219.1	1469.4	1437.0	1416.8	1540.9	1356.3
		1186.6	1562.9	1683.3	1538.3	1575.1	1422.5	1702.9	1200.9	1375.6	1258.0	1761.1	1405.7	1672.7	1539.4	1679.9	1407.9	1370.4	1473.5	1236.5	1490.4	1457.5	1437.0	1562.9	1375.6
		1203.3	1584.8	1707.0	1560.0	1597.3	1442.5	1726.9	1217.8	1395.0	1275.7	1785.9	1425.5	1696.2	1561.0	1703.6	1427.7	1389.7	1494.2	1253.9	1511.4	1478.0	1457.3	1584.8	1395.0
		1219.9	1606.8	1730.7	1581.6	1619.4	1462.5	1750.8	1234.7	1414.3	1293.4	1810.7	1445.3	1719.8	1582.7	1727.2	1447.5	1409.0	1514.9	1271.3	1532.3	1498.5	1477.5	1606.8	1414.3
		1236.6	1628.8	1754.4	1603.2	1641.6	1482.5	1774.8	1251.6	1433.7	1311.1	1835.5	1465.1	1743.3	1604.4	1750.8	1467.3	1428.2	1535.7	1288.7	1553.3	1519.0	1497.7	1628.8	1433.7
		1253.3	1650.8	1778.1	1624.9	1663.8	1502.6	1798.8	1268.5	1453.1	1328.8	1860.3	1484.9	1766.9	1626.0	1774.5	1487.1	1447.5	1556.4	1306.1	1574.3	1539.5	1517.9	1650.8	1453.1
		1270.0	1672.8	1801.7	1646.5	1685.9	1522.6	1822.7	1285.4	1472.4	1346.5	1885.1	1504.6	1790.4	1647.7	1798.1	1506.9	1466.8	1577.2	1323.5	1595.3	1560.0	1538.1	1672.8	1472.4
		1286.7	1694.8	1825.4	1668.2	1708.1	1542.6	1846.7	1302.3	1491.8	1364.2	1909.8	1524.4	1813.9	1669.4	1821.8	1526.7	1486.1	1597.9	1340.9	1616.2	1580.6	1558.4	1694.8	1491.8
		1303.4	1716.8	1849.1	1689.8	1730.3	1562.6	1870.6	1319.2	1511.1	1381.9	1934.6	1544.2	1837.5	1691.0	1845.4	1546.5	1505.4	1618.6	1358.3	1637.2	1601.1	1578.6	1716.8	1511.1
		1320.1	1738.8	1872.8	1711.5	1752.4	1582.6	1894.6	1336.1	1530.5	1399.6	1959.4	1564.0	1861.0	1712.7	1869.0	1566.3	1524.7	1639.4	1375.7	1658.2	1621.6	1598.8	1738.8	1530.5
		1336.8	1760.8	1896.5	1733.1	1774.6	1602.6	1918.6	1353.0	1549.8	1417.3	1984.2	1583.8	1884.5	1734.3	1892.7	1586.2	1543.9	1660.1	1393.1	1679.1	1642.1	1619.0	1760.8	1549.8
39		610.8	645.6	512.2	525.2	488.0	591.4	621.7	480.0	709.7	717.8	637.7	710.6	535.3	629.6	687.6	638.4	645.5	713.1	603.5	677.9	566.2	528.7	717.8	638.4
		619.9	655.2	519.9	533.1	495.3	600.3	631.0	487.2	720.3	728.5	647.2	721.3	543.3	639.1	697.9	648.0	655.2	723.8	612.5	688.1	574.7	536.7	728.5	648.0
		629.1	664.9	527.6	540.9	502.6	609.1	640.3	494.4	730.9	739.3	656.8	731.9	551.3	648.5	708.2	657.5	664.9	734.4	621.5	698.2	583.2	544.6	739.3	657.5
		638.2	674.6	535.3	548.8	509.9	618.0	649.7	501.6	741.6	750.1	666.3	742.5	559.4	657.9	718.5	667.1	674.5	745.1	630.6	708.4	591.7	552.5	750.1	667.1
		647.4	684.3	542.9	556.7	517.2	626.9	659.0	508.7	752.2	760.8	675.9	753.2	567.4	667.4	728.8	676.6	684.2	755.8	639.6	718.6	600.2	560.4	760.8	676.6
		656.5	693.9	550.6	564.5	524.5	635.7	668.3	515.9	762.8	771.6	685.4	763.8	575.4	676.8	739.1	686.2	693.9	766.5	648.6	728.7	608.7	568.3	771.6	686.2
		665.7	703.6	558.3	572.4	531.9	644.6	677.6	523.1	773.5	782.3	695.0	774.5	583.4	686.2	749.4	695.8	703.6	777.2	657.7	738.9	617.1	576.3	782.3	695.8
		674.8	713.3	566.0	580.3	539.2	653.4	686.9	530.3	784.1	793.1	704.5	785.1	591.4	695.7	759.7	705.3	713.2	787.8	666.7	749.0	625.6	584.2	793.1	705.3
		684.0	722.9	573.6	588.1	546.5	662.3	696.2	537.5	794.7	803.8	714.1	795.8	599.5	705.1	770.0	714.9	722.9	798.5	675.8	759.2	634.1	592.1	803.8	714.9
		693.1	732.6	581.3	596.0	553.8	671.2	705.5	544.7	805.4	814.6	723.6	806.4	607.5	714.5	780.3	724.5	732.6	809.2	684.8	769.3	642.6	600.0	814.6	724.5
		702.3	742.3	589.0	603.9	561.1	680.0	714.9	551.9	816.0	825.3	733.2	817.1	615.5	723.9	790.6	734.0	742.2	819.9	693.8	779.5	651.1	607.9	825.3	734.0
40		751.1	611.4	862.1	706.1	658.9	778.6	787.7	707.9	702.0	630.1	589.8	780.4	662.2	583.7	706.6	712.5	599.8	771.1	653.8	726.2	675.4	605.1	702.0	611.4
		773.5	629.6	887.8	727.1	678.5	801.8	811.2	729.0	722.9	648.8	607.4	803.7	681.9	601.0	727.6	733.7	617.7	794.1	673.2	747.8	695.5	623.1	722.9	629.6

		795.8	647.8	913.5	748.2	698.1	825.0	834.6	750.1	743.8	667.6	625.0	826.9	701.6	618.4	748.6	755.0	635.6	817.0	692.7	769.5	715.6	641.1	743.8	647.8
		818.2	666.0	939.1	769.2	717.7	848.2	858.1	771.2	764.7	686.4	642.5	850.1	721.3	635.8	769.7	776.2	653.4	840.0	712.2	791.1	735.7	659.1	764.7	666.0
		840.6	684.2	964.8	790.2	737.3	871.3	881.5	792.2	785.6	705.1	660.1	873.4	741.0	653.2	790.7	797.4	671.3	862.9	731.6	812.7	755.8	677.2	785.6	684.2
		862.9	702.4	990.5	811.2	757.0	894.5	905.0	813.3	806.5	723.9	677.6	896.6	760.7	670.5	811.8	818.6	689.1	885.9	751.1	834.3	776.0	695.2	806.5	702.4
		885.3	720.6	1016.1	832.3	776.6	917.7	928.4	834.4	827.5	742.6	695.2	919.8	780.4	687.9	832.8	839.8	707.0	908.8	770.5	855.9	796.1	713.2	827.5	720.6
		907.6	738.8	1041.8	853.3	796.2	940.9	951.9	855.5	848.4	761.4	712.8	943.1	800.2	705.3	853.8	861.0	724.9	931.8	790.0	877.6	816.2	731.2	848.4	738.8
		930.0	757.0	1067.5	874.3	815.8	964.1	975.3	876.5	869.3	780.2	730.3	966.3	819.9	722.7	874.9	882.2	742.7	954.8	809.5	899.2	836.3	749.2	869.3	757.0
		952.4	775.2	1093.1	895.3	835.4	987.2	998.8	897.6	890.2	798.9	747.9	989.5	839.6	740.0	895.9	903.4	760.6	977.7	828.9	920.8	856.4	767.2	890.2	775.2
		974.7	793.4	1118.8	916.3	855.0	1010.4	1022.2	918.7	911.1	817.7	765.4	1012.8	859.3	757.4	916.9	924.7	778.4	1000.7	848.4	942.4	876.5	785.3	911.1	793.4
41		2141.5	2130.6	2068.2	1660.9	1669.4	2217.5	2004.6	1710.7	2189.0	2299.9	2278.7	2303.1	2115.2	1952.5	2308.8	2358.9	2054.2	1863.0	1995.5	2158.5	1806.5	1947.9	2068.2	2299.9
		2147.4	2136.4	2073.8	1665.5	1673.9	2223.6	2010.1	1715.3	2195.0	2306.2	2284.9	2309.4	2121.0	1957.8	2315.1	2365.4	2059.8	1868.1	2000.9	2164.4	1811.4	1953.2	2073.8	2306.2
		2153.2	2142.2	2079.5	1670.0	1678.4	2229.6	2015.5	1720.0	2200.9	2312.5	2291.1	2315.7	2126.8	1963.1	2321.4	2371.8	2065.4	1873.2	2006.3	2170.2	1816.3	1958.5	2079.5	2312.5
		2159.0	2148.0	2085.1	1674.5	1683.0	2235.7	2021.0	1724.6	2206.9	2318.7	2297.3	2321.9	2132.5	1968.4	2327.7	2378.2	2071.0	1878.2	2011.8	2176.1	1821.2	1963.8	2085.1	2318.7
		2164.9	2153.8	2090.7	1679.0	1687.5	2241.7	2026.4	1729.3	2212.9	2325.0	2303.5	2328.2	2138.3	1973.7	2334.0	2384.6	2076.5	1883.3	2017.2	2182.0	1826.1	1969.1	2090.7	2325.0
		2170.7	2159.6	2096.4	1683.5	1692.1	2247.7	2031.9	1733.9	2218.8	2331.3	2309.7	2334.5	2144.0	1979.0	2340.3	2391.0	2082.1	1888.4	2022.6	2187.9	1831.1	1974.4	2096.4	2331.3
		2176.5	2165.4	2102.0	1688.1	1696.6	2253.8	2037.4	1738.6	2224.8	2337.5	2315.9	2340.7	2149.8	1984.4	2346.5	2397.5	2087.7	1893.5	2028.1	2193.7	1836.0	1979.7	2102.0	2337.5
		2182.3	2171.2	2107.6	1692.6	1701.2	2259.8	2042.8	1743.3	2230.7	2343.8	2322.1	2347.0	2155.5	1989.7	2352.8	2403.9	2093.3	1898.5	2033.5	2199.6	1840.9	1985.0	2107.6	2343.8
		2188.2	2177.0	2113.3	1697.1	1705.7	2265.8	2048.3	1747.9	2236.7	2350.0	2328.3	2353.3	2161.3	1995.0	2359.1	2410.3	2098.9	1903.6	2038.9	2205.5	1845.8	1990.3	2113.3	2350.0
		2194.0	2182.8	2118.9	1701.6	1710.3	2271.9	2053.7	1752.6	2242.7	2356.3	2334.6	2359.6	2167.1	2000.3	2365.4	2416.7	2104.5	1908.7	2044.4	2211.4	1850.7	1995.6	2118.9	2356.3
		2199.8	2188.6	2124.5	1706.2	1714.8	2277.9	2059.2	1757.2	2248.6	2362.6	2340.8	2365.8	2172.8	2005.6	2371.7	2423.2	2110.1	1913.7	2049.8	2217.2	1855.7	2000.9	2124.5	2362.6
42		1021.6	1054.2	1386.7	1149.5	1012.0	1242.9	1108.0	1168.3	1423.0	1328.6	1053.5	1219.0	1336.6	1323.2	1078.3	1237.6	1060.9	1056.1	1192.4	1337.1	1194.4	1314.1	1242.9	1219.0
		1025.6	1058.3	1392.0	1153.9	1015.9	1247.7	1112.3	1172.8	1428.5	1333.7	1057.5	1223.8	1341.8	1328.3	1082.5	1242.4	1064.9	1060.2	1197.0	1342.2	1199.0	1319.1	1247.7	1223.8
		1029.5	1062.4	1397.4	1158.3	1019.8	1252.5	1116.6	1177.4	1434.0	1338.9	1061.6	1228.5	1347.0	1333.4	1086.7	1247.1	1069.0	1064.2	1201.6	1347.4	1203.6	1324.2	1252.5	1228.5
		1033.5	1066.4	1402.7	1162.8	1023.7	1257.3	1120.9	1181.9	1439.5	1344.0	1065.7	1233.2	1352.1	1338.5	1090.8	1251.9	1073.1	1068.3	1206.2	1352.6	1208.2	1329.3	1257.3	1233.2
		1037.4	1070.5	1408.1	1167.2	1027.6	1262.1	1125.1	1186.4	1444.9	1349.1	1069.7	1237.9	1357.3	1343.6	1095.0	1256.7	1077.2	1072.4	1210.8	1357.7	1212.8	1334.3	1262.1	1237.9
		1041.3	1074.6	1413.4	1171.6	1031.5	1266.9	1129.4	1190.9	1450.4	1354.2	1073.8	1242.6	1362.4	1348.7	1099.1	1261.5	1081.3	1076.5	1215.4	1362.9	1217.5	1339.4	1266.9	1242.6
		1045.3	1078.6	1418.8	1176.1	1035.4	1271.7	1133.7	1195.4	1455.9	1359.4	1077.9	1247.3	1367.6	1353.8	1103.3	1266.2	1085.4	1080.5	1220.0	1368.0	1222.1	1344.5	1271.7	1247.3
		1049.2	1082.7	1424.1	1180.5	1039.3	1276.5	1138.0	1199.9	1461.4	1364.5	1081.9	1252.0	1372.7	1358.9	1107.5	1271.0	1089.5	1084.6	1224.6	1373.2	1226.7	1349.6	1276.5	1252.0
		1053.2	1086.8	1429.5	1185.0	1043.2	1281.3	1142.2	1204.4	1466.9	1369.6	1086.0	1256.7	1377.9	1364.0	1111.6	1275.8	1093.6	1088.7	1229.2	1378.3	1231.3	1354.6	1281.3	1256.7
		1057.1	1090.8	1434.8	1189.4	1047.1	1286.1	1146.5	1208.9	1472.4	1374.7	1090.1	1261.4	1383.1	1369.1	1115.8	1280.6	1097.7	1092.8	1233.8	1383.5	1235.9	1359.7	1286.1	1261.4
		1061.1	1094.9	1440.2	1193.8	1051.0	1290.9	1150.8	1213.4	1477.9	1379.9	1094.1	1266.1	1388.2	1374.2	1119.9	1285.3	1101.8	1096.8	1238.4	1388.7	1240.5	1364.8	1290.9	1266.1
43		856.9	592.3	832.2	594.9	736.3	744.1	864.6	792.5	635.8	761.8	790.6	731.3	735.9	732.2	720.6	664.0	672.2	594.7	724.9	869.7	616.5	682.2	594.9	790.6
		894.6	618.4	868.8	621.1	768.7	776.9	902.6	827.4	663.8	795.3	825.4	763.5	768.3	764.4	752.3	693.2	701.7	620.9	756.8	907.9	643.6	712.3	621.1	825.4
		932.3	644.5	905.5	647.3	801.1	809.6	940.7	862.3	691.7	828.8	860.1	795.7	800.7	796.7	784.0	722.5	731.3	647.1	788.7	946.2	670.7	742.3	647.3	860.1

	970.0	670.5	942.1	673.4	833.5	842.4	978.7	897.2	719.7	862.3	894.9	827.8	833.1	828.9	815.7	751.7	760.9	673.2	820.6	984.5	697.8	772.3	673.4	894.9
	1007.7	696.6	978.7	699.6	865.9	875.1	1016.8	932.0	747.7	895.9	929.7	860.0	865.4	861.1	847.4	780.9	790.5	699.4	852.5	1022.7	725.0	802.3	699.6	929.7
	1045.4	722.7	1015.3	725.8	898.3	907.8	1054.8	966.9	775.7	929.4	964.5	892.2	897.8	893.3	879.1	810.1	820.0	725.6	884.4	1061.0	752.1	832.3	725.8	964.5
	1083.1	748.7	1051.9	752.0	930.7	940.6	1092.9	1001.8	803.6	962.9	999.3	924.4	930.2	925.5	910.8	839.3	849.6	751.7	916.3	1099.3	779.2	862.4	752.0	999.3
	1120.8	774.8	1088.6	778.2	963.1	973.3	1130.9	1036.7	831.6	996.4	1034.1	956.6	962.6	957.7	942.5	868.5	879.2	777.9	948.2	1137.5	806.3	892.4	778.2	1034.1
	1158.6	800.9	1125.2	804.3	995.5	1006.1	1168.9	1071.5	859.6	1029.9	1068.9	988.7	995.0	990.0	974.2	897.8	908.8	804.1	980.1	1175.8	833.5	922.4	804.3	1068.9
	1196.3	826.9	1161.8	830.5	1027.9	1038.8	1207.0	1106.4	887.6	1063.5	1103.7	1020.9	1027.3	1022.2	1005.9	927.0	938.3	830.2	1012.0	1214.1	860.6	952.4	830.5	1103.7
	1234.0	853.0	1198.4	856.7	1060.3	1071.6	1245.0	1141.3	915.5	1097.0	1138.4	1053.1	1059.7	1054.4	1037.7	956.2	967.9	856.4	1043.9	1252.3	887.7	982.4	856.7	1138.4
44	709.4	593.8	604.6	749.5	883.9	828.1	850.2	715.5	724.0	592.3	750.5	661.4	606.3	613.4	742.2	751.7	618.6	883.8	677.6	672.2	860.2	751.7	593.8	751.7
	740.6	620.0	631.2	782.5	922.8	864.6	887.6	746.9	755.9	618.4	783.5	690.5	633.0	640.4	774.9	784.8	645.9	922.7	707.5	701.8	898.0	784.8	620.0	784.8
	771.8	646.1	657.8	815.5	961.7	901.0	925.0	778.4	787.8	644.5	816.5	719.6	659.6	667.4	807.5	817.8	673.1	961.6	737.3	731.4	935.9	817.9	646.1	817.8
	803.0	672.2	684.4	848.4	1000.6	937.5	962.4	809.9	819.6	670.5	849.5	748.7	686.3	694.4	840.2	850.9	700.3	1000.5	767.1	761.0	973.7	851.0	672.2	850.9
	834.3	698.4	711.0	881.4	1039.5	973.9	999.9	841.4	851.5	696.6	882.6	777.8	713.0	721.4	872.8	884.0	727.5	1039.3	796.9	790.5	1011.6	884.0	698.4	884.0
	865.5	724.5	737.6	914.4	1078.4	1010.3	1037.3	872.9	883.3	722.7	915.6	806.9	739.7	748.3	905.5	917.1	754.7	1078.2	826.7	820.1	1049.4	917.1	724.5	917.1
	896.7	750.6	764.2	947.4	1117.3	1046.8	1074.7	904.3	915.2	748.7	948.6	836.0	766.3	775.3	938.2	950.1	782.0	1117.1	856.6	849.7	1087.3	950.2	750.6	950.1
	927.9	776.7	790.8	980.4	1156.2	1083.2	1112.1	935.8	947.1	774.8	981.6	865.1	793.0	802.3	970.8	983.2	809.2	1156.0	886.4	879.3	1125.1	983.3	776.7	983.2
	959.1	802.9	817.4	1013.3	1195.0	1119.7	1149.5	967.3	978.9	800.9	1014.7	894.2	819.7	829.3	1003.5	1016.3	836.4	1194.9	916.2	908.8	1162.9	1016.4	802.9	1016.3
	990.3	829.0	844.0	1046.3	1233.9	1156.1	1186.9	998.8	1010.8	826.9	1047.7	923.3	846.4	856.3	1036.1	1049.4	863.6	1233.8	946.0	938.4	1200.8	1049.4	829.0	1049.4
45	1021.5	855.1	870.6	1079.3	1272.8	1192.5	1224.3	1030.3	1042.6	853.0	1080.7	952.4	873.1	883.3	1068.8	1082.4	890.9	1272.7	975.8	968.0	1238.6	1082.5	855.1	1082.4
	697.4	701.5	838.8	592.3	803.8	787.1	624.8	783.9	635.5	866.0	753.1	738.2	740.5	864.8	662.3	693.5	731.9	825.6	706.7	634.2	640.8	787.6	787.1	635.5
	728.1	732.4	875.7	618.4	839.2	821.8	652.3	818.4	663.5	904.1	786.2	770.7	773.1	902.8	691.4	724.0	764.1	862.0	737.8	662.1	669.0	822.2	821.8	663.5
	758.8	763.2	912.7	644.5	874.5	856.4	679.8	852.9	691.4	942.2	819.3	803.2	805.7	940.9	720.6	754.5	796.3	898.3	768.9	690.0	697.2	856.9	856.4	691.4
	789.5	794.1	949.6	670.5	909.9	891.0	707.3	887.4	719.4	980.3	852.5	835.7	838.3	978.9	749.7	785.0	828.5	934.6	800.0	717.9	725.3	891.5	891.0	719.4
	820.2	825.0	986.5	696.6	945.3	925.7	734.8	921.9	747.4	1018.4	885.6	868.1	870.9	1017.0	778.9	815.5	860.7	970.9	831.1	745.9	753.5	926.2	925.7	747.4
	850.9	855.8	1023.4	722.7	980.7	960.3	762.3	956.4	775.3	1056.5	918.8	900.6	903.4	1055.0	808.0	846.1	893.0	1007.3	862.2	773.8	781.7	960.8	960.3	775.3
	881.6	886.7	1060.3	748.7	1016.0	994.9	789.8	990.9	803.3	1094.6	951.9	933.1	936.0	1093.1	837.2	876.6	925.2	1043.6	893.3	801.7	809.9	995.5	994.9	803.3
	912.3	917.6	1097.2	774.8	1051.4	1029.6	817.2	1025.3	831.3	1132.7	985.0	965.6	968.6	1131.1	866.3	907.1	957.4	1079.9	924.4	829.6	838.1	1030.2	1029.6	831.3
	942.9	948.4	1134.1	800.9	1086.8	1064.2	844.7	1059.8	859.2	1170.8	1018.2	998.1	1001.2	1169.2	895.4	937.6	989.6	1116.3	955.5	857.5	866.3	1064.8	1064.2	859.2
	973.6	979.3	1171.0	826.9	1122.1	1098.9	872.2	1094.3	887.2	1208.9	1051.3	1030.6	1033.8	1207.2	924.6	968.1	1021.8	1152.6	986.6	885.4	894.5	1099.5	1098.9	887.2
46	1004.3	1010.2	1207.9	853.0	1157.5	1133.5	899.7	1128.8	915.2	1247.0	1084.4	1063.0	1066.4	1245.3	953.7	998.6	1054.0	1188.9	1017.7	913.3	922.7	1134.1	1133.5	915.2
	1880.6	2026.1	2380.2	2413.7	2304.3	1861.7	1898.2	2234.8	2064.5	1768.1	1819.1	2286.3	2077.6	1660.9	1988.4	2068.7	2435.2	2403.6	2105.7	2355.9	1974.9	2258.1	1880.6	2064.5
	1885.7	2031.6	2386.7	2420.3	2310.6	1866.8	1903.3	2240.8	2070.1	1772.9	1824.0	2292.6	2083.3	1665.5	1993.9	2074.4	2441.8	2410.2	2111.4	2362.4	1980.3	2264.2	1885.7	2070.1
	1890.8	2037.2	2393.1	2426.9	2316.9	1871.8	1908.5	2246.9	2075.7	1777.7	1829.0	2298.8	2088.9	1670.0	1999.3	2080.0	2448.4	2416.7	2117.1	2368.8	1985.7	2270.4	1890.8	2075.7
	1895.9	2042.7	2399.6	2433.5	2323.2	1876.9	1913.7	2253.0	2081.4	1782.5	1833.9	2305.0	2094.6	1674.5	2004.7	2085.6	2455.1	2423.3	2122.9	2375.2	1991.1	2276.5	1895.9	2081.4

	1901.0	2048.2	2406.1	2440.0	2329.4	1882.0	1918.8	2259.1	2087.0	1787.3	1838.9	2311.2	2100.2	1679.0	2010.1	2091.3	2461.7	2429.8	2128.6	2381.6	1996.4	2282.7	1901.0	2087.0
	1906.2	2053.7	2412.6	2446.6	2335.7	1887.0	1924.0	2265.2	2092.6	1792.1	1843.8	2317.5	2105.9	1683.5	2015.5	2096.9	2468.3	2436.3	2134.3	2388.0	2001.8	2288.8	1906.2	2092.6
	1911.3	2059.2	2419.1	2453.2	2342.0	1892.1	1929.2	2271.3	2098.2	1796.9	1848.8	2323.7	2111.6	1688.1	2020.9	2102.5	2474.9	2442.9	2140.1	2394.4	2007.2	2295.0	1911.3	2098.2
	1916.4	2064.7	2425.5	2459.7	2348.3	1897.2	1934.3	2277.4	2103.9	1801.7	1853.8	2329.9	2117.2	1692.6	2026.3	2108.2	2481.6	2449.4	2145.8	2400.8	2012.6	2301.1	1916.4	2103.9
	1921.5	2070.3	2432.0	2466.3	2354.5	1902.2	1939.5	2283.4	2109.5	1806.6	1858.7	2336.1	2122.9	1697.1	2031.7	2113.8	2488.2	2456.0	2151.5	2407.3	2017.9	2307.3	1921.5	2109.5
	1926.6	2075.8	2438.5	2472.9	2360.8	1907.3	1944.7	2289.5	2115.1	1811.4	1863.7	2342.4	2128.5	1701.6	2037.2	2119.4	2494.8	2462.5	2157.3	2413.7	2023.3	2313.4	1926.6	2115.1
	1931.8	2081.3	2445.0	2479.5	2367.1	1912.4	1949.8	2295.6	2120.7	1816.2	1868.6	2348.6	2134.2	1706.2	2042.6	2125.1	2501.5	2469.1	2163.0	2420.1	2028.7	2319.6	1931.8	2120.7
47	818.8	903.8	1189.2	1179.9	848.9	957.7	911.1	813.7	1091.5	1061.2	1013.9	795.3	954.9	1051.8	1005.9	807.8	813.1	1158.4	944.9	1138.1	793.2	1062.3	957.7	795.3
	829.4	915.4	1204.5	1195.1	859.8	970.1	922.8	824.2	1105.5	1074.9	1027.0	805.5	967.2	1065.4	1018.8	818.3	823.5	1173.4	957.1	1152.7	803.5	1076.0	970.1	805.5
	839.9	927.1	1219.9	1210.4	870.8	982.4	934.6	834.7	1119.6	1088.6	1040.1	815.8	979.5	1078.9	1031.8	828.7	834.0	1188.3	969.3	1167.4	813.7	1089.7	982.4	815.8
	850.5	938.7	1235.2	1225.6	881.7	994.8	946.3	845.2	1133.7	1102.3	1053.2	826.0	991.8	1092.5	1044.8	839.1	844.5	1203.2	981.5	1182.1	823.9	1103.4	994.8	826.0
	861.0	950.4	1250.5	1240.8	892.7	1007.1	958.1	855.6	1147.7	1116.0	1066.2	836.3	1004.1	1106.0	1057.7	849.5	855.0	1218.2	993.7	1196.8	834.1	1117.1	1007.1	836.3
	871.6	962.0	1265.9	1256.0	903.6	1019.5	969.8	866.1	1161.8	1129.6	1079.3	846.5	1016.4	1119.6	1070.7	859.9	865.5	1233.1	1005.9	1211.4	844.4	1130.8	1019.5	846.5
	882.1	973.7	1281.2	1271.2	914.5	1031.8	981.6	876.6	1175.9	1143.3	1092.4	856.8	1028.7	1133.2	1083.7	870.3	875.9	1248.0	1018.0	1226.1	854.6	1144.4	1031.8	856.8
	892.7	985.3	1296.5	1286.4	925.5	1044.2	993.3	887.1	1190.0	1157.0	1105.4	867.0	1041.0	1146.7	1096.6	880.8	886.4	1263.0	1030.2	1240.8	864.8	1158.1	1044.2	867.0
	903.3	997.0	1311.9	1301.6	936.4	1056.5	1005.0	897.6	1204.0	1170.7	1118.5	877.3	1053.3	1160.3	1109.6	891.2	896.9	1277.9	1042.4	1255.4	875.1	1171.8	1056.5	877.3
	913.8	1008.6	1327.2	1316.8	947.4	1068.9	1016.8	908.1	1218.1	1184.4	1131.6	887.5	1065.7	1173.8	1122.6	901.6	907.4	1292.8	1054.6	1270.1	885.3	1185.5	1068.9	887.5
	924.4	1020.3	1342.5	1332.0	958.3	1081.2	1028.5	918.6	1232.2	1198.0	1144.6	897.8	1078.0	1187.4	1135.5	912.0	917.9	1307.8	1066.8	1284.8	895.5	1199.2	1081.2	897.8
48	1077.5	1070.2	801.4	1054.2	1135.8	836.6	937.7	1164.3	1159.1	793.2	950.4	826.4	1160.5	1143.9	992.5	1121.8	1107.3	820.7	1180.7	882.9	926.6	944.1	836.6	992.5
	1091.4	1084.0	811.8	1067.7	1150.4	847.4	949.8	1179.3	1174.1	803.5	962.7	837.0	1175.4	1158.7	1005.3	1136.2	1121.6	831.3	1195.9	894.2	938.6	956.3	847.4	1005.3
	1105.3	1097.8	822.1	1081.3	1165.0	858.1	961.9	1194.3	1189.0	813.7	974.9	847.7	1190.4	1173.4	1018.1	1150.7	1135.9	841.9	1211.1	905.6	950.5	968.4	858.1	1018.1
	1119.2	1111.6	832.4	1094.9	1179.7	868.9	974.0	1209.4	1204.0	823.9	987.2	858.4	1205.3	1188.2	1030.9	1165.1	1150.2	852.5	1226.3	917.0	962.5	980.6	868.9	1030.9
	1133.1	1125.4	842.7	1108.5	1194.3	879.7	986.1	1224.4	1218.9	834.1	999.4	869.0	1220.3	1202.9	1043.7	1179.6	1164.4	863.1	1241.6	928.4	974.4	992.8	879.7	1043.7
	1147.0	1139.2	853.1	1122.1	1209.0	890.5	998.2	1239.4	1233.8	844.4	1011.7	879.7	1235.3	1217.7	1056.5	1194.1	1178.7	873.6	1256.8	939.8	986.4	1005.0	890.5	1056.5
	1160.9	1153.0	863.4	1135.7	1223.6	901.3	1010.2	1254.4	1248.8	854.6	1023.9	890.3	1250.2	1232.4	1069.3	1208.5	1193.0	884.2	1272.0	951.1	998.3	1017.1	901.3	1069.3
	1174.8	1166.8	873.7	1149.3	1238.3	912.1	1022.3	1269.4	1263.7	864.8	1036.2	901.0	1265.2	1247.2	1082.1	1223.0	1207.3	894.8	1287.2	962.5	1010.3	1029.3	912.1	1082.1
	1188.6	1180.6	884.1	1162.9	1252.9	922.9	1034.4	1284.4	1278.7	875.1	1048.4	911.6	1280.2	1261.9	1094.9	1237.4	1221.5	905.4	1302.4	973.9	1022.2	1041.5	922.9	1094.9
	1202.5	1194.4	894.4	1176.5	1267.5	933.6	1046.5	1299.4	1293.6	885.3	1060.7	922.3	1295.1	1276.7	1107.7	1251.9	1235.8	916.0	1317.7	985.3	1034.1	1053.6	933.6	1107.7
	1216.4	1208.2	904.7	1190.1	1282.2	944.4	1058.6	1314.4	1308.6	895.5	1073.0	932.9	1310.1	1291.4	1120.5	1266.4	1250.1	926.5	1332.9	996.7	1046.1	1065.8	944.4	1120.5
49	2027.0	2269.4	2081.0	1921.8	2184.2	1887.1	1989.4	2491.0	2140.6	2329.6	1685.2	1982.3	2354.4	2159.9	1708.5	2454.2	2345.9	2062.2	1746.4	2262.5	2057.1	1660.9	1989.4	1708.5
	2032.5	2275.5	2086.7	1927.0	2190.1	1892.2	1994.8	2497.7	2146.5	2335.9	1689.8	1987.7	2360.8	2165.8	1713.2	2460.9	2352.3	2067.8	1751.1	2268.7	2062.7	1665.5	1994.8	1713.2
	2038.0	2281.7	2092.3	1932.2	2196.1	1897.3	2000.3	2504.5	2152.3	2342.2	1694.4	1993.0	2367.2	2171.7	1717.8	2467.6	2358.7	2073.4	1755.9	2274.8	2068.3	1670.0	2000.3	1717.8
	2043.5	2287.9	2098.0	1937.5	2202.0	1902.5	2005.7	2511.3	2158.1	2348.6	1699.0	1998.4	2373.7	2177.5	1722.5	2474.3	2365.1	2079.0	1760.6	2281.0	2073.9	1674.5	2005.7	1722.5
	2049.1	2294.1	2103.7	1942.7	2208.0	1907.6	2011.1	2518.1	2164.0	2354.9	1703.6	2003.8	2380.1	2183.4	1727.1	2480.9	2371.4	2084.6	1765.4	2287.2	2079.5	1679.0	2011.1	1727.1

50	2054.6	2300.3	2109.3	1947.9	2213.9	1912.7	2016.5	2524.9	2169.8	2361.3	1708.2	2009.2	2386.5	2189.3	1731.8	2487.6	2377.8	2090.2	1770.1	2293.3	2085.1	1683.5	2016.5	1731.8
	2060.1	2306.4	2115.0	1953.2	2219.9	1917.9	2021.9	2531.7	2175.6	2367.6	1712.8	2014.6	2392.9	2195.2	1736.5	2494.3	2384.2	2095.9	1774.9	2299.5	2090.7	1688.1	2021.9	1736.5
	2065.6	2312.6	2120.7	1958.4	2225.8	1923.0	2027.3	2538.4	2181.4	2374.0	1717.4	2020.0	2399.3	2201.1	1741.1	2501.0	2390.6	2101.5	1779.6	2305.6	2096.3	1692.6	2027.3	1741.1
	2071.1	2318.8	2126.3	1963.6	2231.8	1928.2	2032.8	2545.2	2187.3	2380.3	1721.9	2025.4	2405.7	2206.9	1745.8	2507.7	2397.0	2107.1	1784.4	2311.8	2101.9	1697.1	2032.8	1745.8
	2076.7	2325.0	2132.0	1968.9	2237.7	1933.3	2038.2	2552.0	2193.1	2386.6	1726.5	2030.8	2412.1	2212.8	1750.4	2514.4	2403.4	2112.7	1789.1	2318.0	2107.5	1701.6	2038.2	1750.4
	2082.2	2331.1	2137.7	1974.1	2243.7	1938.4	2043.6	2558.8	2198.9	2393.0	1731.1	2036.2	2418.5	2218.7	1755.1	2521.0	2409.8	2118.3	1793.9	2324.1	2113.1	1706.2	2043.6	1755.1
	1447.7	1319.2	1040.9	1154.5	1355.5	1474.1	1420.1	1427.8	1012.0	1067.5	1489.7	1476.1	1012.0	1145.1	1275.9	1258.6	1177.0	1098.1	1107.9	1437.6	1086.5	1441.3	1319.2	1145.1
	1453.3	1324.2	1044.9	1159.0	1360.7	1479.8	1425.6	1433.3	1015.9	1071.6	1495.4	1481.8	1015.9	1149.5	1280.8	1263.5	1181.5	1102.3	1112.2	1443.1	1090.7	1446.8	1324.2	1149.5
	1458.9	1329.3	1048.9	1163.4	1365.9	1485.4	1431.1	1438.8	1019.8	1075.7	1501.2	1487.5	1019.8	1153.9	1285.7	1268.3	1186.1	1106.5	1116.5	1448.7	1094.9	1452.4	1329.3	1153.9
	1464.4	1334.4	1052.9	1167.9	1371.2	1491.1	1436.6	1444.3	1023.7	1079.8	1506.9	1493.2	1023.7	1158.3	1290.7	1273.2	1190.6	1110.8	1120.8	1454.2	1099.1	1458.0	1334.4	1158.3
51	1470.0	1339.5	1056.9	1172.3	1376.4	1496.8	1442.0	1449.8	1027.6	1083.9	1512.7	1498.9	1027.6	1162.7	1295.6	1278.0	1195.2	1115.0	1125.0	1459.8	1103.2	1463.5	1339.5	1162.7
	1475.6	1344.6	1060.9	1176.8	1381.6	1502.5	1447.5	1455.3	1031.5	1088.1	1518.4	1504.6	1031.5	1167.1	1300.5	1282.9	1199.7	1119.2	1129.3	1465.3	1107.4	1469.1	1344.6	1167.1
	1481.2	1349.7	1065.0	1181.2	1386.8	1508.2	1453.0	1460.8	1035.4	1092.2	1524.2	1510.3	1035.4	1171.6	1305.4	1287.7	1204.2	1123.5	1133.6	1470.9	1111.6	1474.6	1349.7	1171.6
	1486.8	1354.8	1069.0	1185.7	1392.1	1513.9	1458.5	1466.3	1039.3	1096.3	1529.9	1516.0	1039.3	1176.0	1310.3	1292.6	1208.8	1127.7	1137.9	1476.4	1115.8	1480.2	1354.8	1176.0
	1492.4	1359.9	1073.0	1190.1	1397.3	1519.6	1464.0	1471.8	1043.2	1100.4	1535.6	1521.7	1043.2	1180.4	1315.3	1297.5	1213.3	1131.9	1142.1	1482.0	1120.0	1485.8	1359.9	1180.4
	1498.0	1365.0	1077.0	1194.6	1402.5	1525.3	1469.4	1477.3	1047.1	1104.5	1541.4	1527.4	1047.1	1184.8	1320.2	1302.3	1217.9	1136.2	1146.4	1487.5	1124.2	1491.3	1365.0	1184.8
	1503.5	1370.0	1081.0	1199.0	1407.8	1530.9	1474.9	1482.8	1051.0	1108.6	1547.1	1533.1	1051.0	1189.2	1325.1	1307.2	1222.4	1140.4	1150.7	1493.1	1128.4	1496.9	1370.0	1189.2
	971.2	1082.4	1070.5	1054.6	828.6	1112.7	1056.2	889.0	1146.0	1109.1	796.0	900.4	931.3	1020.4	1048.1	951.7	793.2	1100.7	1001.6	1182.7	1188.9	1039.5	889.0	951.7
	983.7	1096.3	1084.4	1068.2	839.3	1127.1	1069.8	900.5	1160.8	1123.4	806.2	912.1	943.3	1033.5	1061.7	964.0	803.5	1114.9	1014.5	1198.0	1204.2	1052.9	900.5	964.0
	996.2	1110.3	1098.2	1081.8	850.0	1141.4	1083.4	911.9	1175.6	1137.7	816.5	923.7	955.3	1046.7	1075.2	976.3	813.7	1129.0	1027.4	1213.2	1219.5	1066.3	911.9	976.3
52	1008.7	1124.2	1112.0	1095.4	860.7	1155.8	1097.0	923.4	1190.4	1152.0	826.7	935.3	967.3	1059.8	1088.7	988.5	823.9	1143.2	1040.3	1228.5	1234.8	1079.7	923.4	988.5
	1021.3	1138.2	1125.8	1109.0	871.4	1170.1	1110.7	934.8	1205.1	1166.3	837.0	946.9	979.3	1073.0	1102.2	1000.8	834.1	1157.4	1053.2	1243.7	1250.2	1093.1	934.8	1000.8
	1033.8	1152.1	1139.6	1122.5	882.0	1184.5	1124.3	946.3	1219.9	1180.6	847.3	958.5	991.3	1086.1	1115.7	1013.1	844.4	1171.6	1066.2	1259.0	1265.5	1106.5	946.3	1013.1
	1046.3	1166.1	1153.4	1136.1	892.7	1198.8	1137.9	957.8	1234.7	1194.9	857.5	970.1	1003.3	1099.3	1129.2	1025.3	854.6	1185.8	1079.1	1274.2	1280.8	1119.9	957.8	1025.3
	1058.8	1180.1	1167.2	1149.7	903.4	1213.2	1151.5	969.2	1249.5	1209.2	867.8	981.7	1015.3	1112.4	1142.7	1037.6	864.8	1200.0	1092.0	1289.5	1296.1	1133.3	969.2	1037.6
	1071.3	1194.0	1181.0	1163.3	914.1	1227.5	1165.1	980.7	1264.2	1223.5	878.1	993.3	1027.3	1125.6	1156.2	1049.9	875.1	1214.2	1104.9	1304.7	1311.5	1146.7	980.7	1049.9
	1083.9	1208.0	1194.8	1176.9	924.8	1241.8	1178.7	992.1	1279.0	1237.8	888.3	1004.9	1039.3	1138.7	1169.8	1062.1	885.3	1228.4	1117.8	1320.0	1326.8	1160.1	992.1	1062.1
	1096.4	1221.9	1208.6	1190.5	935.5	1256.2	1192.3	1003.6	1293.8	1252.1	898.6	1016.5	1051.3	1151.9	1183.3	1074.4	895.5	1242.6	1130.7	1335.2	1342.1	1173.5	1003.6	1074.4
	861.1	838.4	1173.2	1150.6	938.2	967.3	1081.2	810.6	1127.7	807.5	999.2	804.3	832.6	1064.5	1098.5	1170.5	996.7	1137.0	886.2	793.2	901.6	1035.7	807.5	832.6
	872.2	849.2	1188.3	1165.4	950.3	979.7	1095.1	821.0	1142.2	817.9	1012.1	814.6	843.3	1078.2	1112.7	1185.6	1009.5	1151.7	897.6	803.5	913.2	1049.0	817.9	843.3
	883.3	860.0	1203.4	1180.3	962.3	992.2	1109.0	831.5	1156.8	828.3	1025.0	825.0	854.1	1091.9	1126.8	1200.7	1022.4	1166.3	909.1	813.7	924.8	1062.4	828.3	854.1
	894.4	870.8	1218.5	1195.1	974.4	1004.7	1123.0	841.9	1171.3	838.7	1037.9	835.4	864.8	1105.6	1141.0	1215.7	1035.2	1181.0	920.5	823.9	936.4	1075.7	838.7	864.8
	905.5	881.6	1233.7	1209.9	986.5	1017.1	1136.9	852.4	1185.8	849.1	1050.7	845.7	875.5	1119.4	1155.1	1230.8	1048.0	1195.6	931.9	834.1	948.0	1089.1	849.1	875.5
	916.6	892.4	1248.8	1224.8	998.6	1029.6	1150.8	862.8	1200.4	859.5	1063.6	856.1	886.3	1133.1	1169.3	1245.9	1060.9	1210.3	943.3	844.4	959.7	1102.4	859.5	886.3

53	927.7	903.2	1263.9	1239.6	1010.7	1042.1	1164.8	873.3	1214.9	869.9	1076.5	866.5	897.0	1146.8	1183.5	1261.0	1073.7	1225.0	954.8	854.6	971.3	1115.8	869.9	897.0
	938.8	914.0	1279.0	1254.4	1022.8	1054.5	1178.7	883.7	1229.5	880.3	1089.4	876.8	907.7	1160.5	1197.6	1276.1	1086.6	1239.6	966.2	864.8	982.9	1129.1	880.3	907.7
	949.9	924.8	1294.2	1269.3	1034.9	1067.0	1192.7	894.2	1244.0	890.7	1102.3	887.2	918.5	1174.3	1211.8	1291.2	1099.4	1254.3	977.6	875.1	994.5	1142.5	890.7	918.5
	961.0	935.7	1309.3	1284.1	1047.0	1079.5	1206.6	904.6	1258.5	901.1	1115.1	897.6	929.2	1188.0	1225.9	1306.3	1112.3	1268.9	989.0	885.3	1006.2	1155.8	901.1	929.2
	972.1	946.5	1324.4	1298.9	1059.1	1091.9	1220.5	915.1	1273.1	911.5	1128.0	907.9	939.9	1201.7	1240.1	1321.4	1125.1	1283.6	1000.5	895.5	1017.8	1169.2	911.5	939.9
	1168.8	1130.1	960.7	793.2	929.8	1151.5	884.5	1167.4	958.4	860.8	817.3	1170.1	1016.5	981.5	948.9	851.2	1170.5	1013.4	917.6	1130.0	1163.4	824.4	1130.1	958.4
	1183.9	1144.7	973.1	803.5	941.7	1166.4	895.9	1182.5	970.7	871.9	827.8	1185.2	1029.6	994.1	961.2	862.2	1185.5	1026.5	929.5	1144.6	1178.4	835.0	1144.7	970.7
	1198.9	1159.3	985.5	813.7	953.7	1181.2	907.3	1197.5	983.1	883.0	838.4	1200.3	1042.7	1006.8	973.4	873.1	1200.6	1039.6	941.3	1159.2	1193.4	845.6	1159.3	983.1
	1214.0	1173.8	997.9	823.9	965.7	1196.1	918.7	1212.6	995.4	894.1	848.9	1215.4	1055.8	1019.4	985.6	884.1	1215.7	1052.6	953.1	1173.7	1208.4	856.2	1173.8	995.4
	1229.1	1188.4	1010.2	834.1	977.7	1210.9	930.1	1227.6	1007.8	905.2	859.4	1230.4	1069.0	1032.1	997.9	895.1	1230.8	1065.7	965.0	1188.3	1223.4	866.9	1188.4	1007.8
	1244.1	1203.0	1022.6	844.4	989.7	1225.8	941.5	1242.7	1020.1	916.3	870.0	1245.5	1082.1	1044.7	1010.1	906.1	1245.9	1078.8	976.8	1202.9	1238.4	877.5	1203.0	1020.1
	1259.2	1217.5	1035.0	854.6	1001.7	1240.6	952.9	1257.7	1032.5	927.4	880.5	1260.6	1095.2	1057.4	1022.3	917.0	1261.0	1091.8	988.6	1217.4	1253.4	888.1	1217.5	1032.5
	1274.3	1232.1	1047.4	864.8	1013.7	1255.5	964.3	1272.8	1044.8	938.5	891.0	1275.7	1108.3	1070.0	1034.6	928.0	1276.1	1104.9	1000.4	1232.0	1268.4	898.7	1232.1	1044.8
	1289.3	1246.7	1059.8	875.1	1025.6	1270.3	975.7	1287.8	1057.2	949.6	901.6	1290.8	1121.4	1082.7	1046.8	939.0	1291.2	1118.0	1012.3	1246.6	1283.3	909.4	1246.7	1057.2
	1304.4	1261.3	1072.2	885.3	1037.6	1285.2	987.1	1302.9	1069.6	960.7	912.1	1305.9	1134.5	1095.3	1059.0	949.9	1306.3	1131.0	1024.1	1261.1	1298.3	920.0	1261.3	1069.6
	1319.5	1275.8	1084.6	895.5	1049.6	1300.0	998.5	1317.9	1081.9	971.8	922.6	1320.9	1147.6	1108.0	1071.3	960.9	1321.3	1144.1	1035.9	1275.7	1313.3	930.6	1275.8	1081.9
54	1332.9	1269.0	1073.8	1148.6	1078.2	1298.7	1302.5	1012.0	1289.2	1141.0	1112.0	1260.1	1070.5	1458.3	1226.8	1365.9	1505.3	1298.2	1270.5	1432.0	1270.3	1355.8	1078.2	1112.0
	1338.1	1273.9	1078.0	1153.0	1082.4	1303.7	1307.5	1015.9	1294.2	1145.4	1116.3	1265.0	1074.6	1463.9	1231.6	1371.2	1511.1	1303.3	1275.4	1437.5	1275.2	1361.0	1082.4	1116.3
	1343.2	1278.8	1082.1	1157.4	1086.5	1308.7	1312.5	1019.8	1299.2	1149.8	1120.6	1269.8	1078.8	1469.6	1236.3	1376.5	1516.9	1308.3	1280.3	1443.0	1280.1	1366.2	1086.5	1120.6
	1348.4	1283.7	1086.2	1161.9	1090.7	1313.8	1317.5	1023.7	1304.1	1154.2	1124.9	1274.7	1082.9	1475.2	1241.0	1381.7	1522.7	1313.3	1285.3	1448.5	1285.0	1371.5	1090.7	1124.9
	1353.5	1288.6	1090.4	1166.3	1094.9	1318.8	1322.6	1027.6	1309.1	1158.6	1129.2	1279.5	1087.0	1480.8	1245.8	1387.0	1528.5	1318.3	1290.2	1454.1	1289.9	1376.7	1094.9	1129.2
	1358.6	1293.5	1094.5	1170.7	1099.0	1323.8	1327.6	1031.5	1314.1	1163.0	1133.5	1284.4	1091.2	1486.4	1250.5	1392.3	1534.3	1323.3	1295.1	1459.6	1294.8	1381.9	1099.0	1133.5
	1363.8	1298.4	1098.7	1175.2	1103.2	1328.8	1332.6	1035.4	1319.1	1167.4	1137.8	1289.3	1095.3	1492.1	1255.2	1397.6	1540.1	1328.3	1300.0	1465.1	1299.7	1387.2	1103.2	1137.8
	1368.9	1303.3	1102.8	1179.6	1107.3	1333.8	1337.6	1039.3	1324.0	1171.8	1142.1	1294.1	1099.4	1497.7	1260.0	1402.8	1545.9	1333.3	1304.9	1470.6	1304.6	1392.4	1107.3	1142.1
	1374.1	1308.2	1107.0	1184.0	1111.5	1338.8	1342.7	1043.2	1329.0	1176.2	1146.4	1299.0	1103.6	1503.3	1264.7	1408.1	1551.7	1338.3	1309.8	1476.2	1309.5	1397.6	1111.5	1146.4
	1379.2	1313.1	1111.1	1188.5	1115.7	1343.8	1347.7	1047.1	1334.0	1180.6	1150.7	1303.8	1107.7	1509.0	1269.4	1413.4	1557.5	1343.3	1314.7	1481.7	1314.4	1402.9	1115.7	1150.7
	1384.3	1318.0	1115.2	1192.9	1119.8	1348.8	1352.7	1051.0	1339.0	1185.0	1154.9	1308.7	1111.8	1514.6	1274.2	1418.6	1563.4	1348.3	1319.6	1487.2	1319.3	1408.1	1119.8	1154.9

Precios expresados en pesos mexicano (m.n.) se consideró el precio del combustible del gas natural “2.3625 dólares americanos” (Anexo 4C) y un precio del dólar de 18.599 pesos mexicanos [123]

APÉNDICE E “DISTRIBUCION DE LA POTENCIA POR NODO POR HORA”.

Tabla E. 1 Distribución de la potencia antes del despacho.

#Bus	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
1	-60.9	-57.4	-50.5	-34.8	-43.5	-52.2	-60.9	-67.9	-71.4	-76.6	-77.4	-73.1	-69.6	-66.1	-76.6	-78.3	-74.0	-77.4	-81.8	-85.3	-87.0	-78.3	-75.7	-71.4
2	-23.9	-22.5	-19.8	-13.6	-17.1	-20.5	-23.9	-26.6	-28.0	-30.0	-30.4	-28.7	-27.3	-25.9	-30.0	-30.7	-29.0	-30.4	-32.1	-33.4	-34.1	-30.7	-29.7	-28.0
3	-46.6	-43.9	-38.6	-26.6	-33.3	-39.9	-46.6	-51.9	-54.6	-58.6	-59.2	-55.9	-53.2	-50.6	-58.6	-59.9	-56.6	-59.2	-62.5	-65.2	-66.5	-59.9	-57.9	-54.6
4	-35.8	-33.8	-29.7	-20.5	-25.6	-30.7	-35.8	-39.9	-42.0	-45.0	-45.6	-43.0	-41.0	-38.9	-45.0	-46.1	-43.5	-45.6	-48.1	-50.2	-51.2	-46.1	-44.5	-42.0
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
6	-62.1	-58.6	-51.5	-35.5	-44.4	-53.2	-62.1	-69.2	-72.8	-78.1	-79.0	-74.5	-71.0	-67.4	-78.1	-79.8	-75.4	-79.0	-83.4	-86.9	-88.7	-79.8	-77.2	-72.8
7	-22.7	-21.4	-18.8	-13.0	-16.2	-19.5	-22.7	-25.3	-26.6	-28.5	-28.9	-27.2	-25.9	-24.6	-28.5	-29.2	-27.6	-28.9	-30.5	-31.8	-32.4	-29.2	-28.2	-26.6
8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
11	-83.6	-78.8	-69.3	-47.8	-59.7	-71.7	-83.6	-93.2	-97.9	-105.1	-106.3	-100.3	-95.5	-90.8	-105.1	-107.5	-101.5	-106.3	-112.3	-117.0	-119.4	-107.5	-103.9	-97.9
12	-56.1	-52.9	-46.5	-32.1	-40.1	-48.1	-56.1	-62.5	-65.8	-70.6	-71.4	-67.4	-64.1	-60.9	-70.6	-72.2	-68.2	-71.4	-75.4	-78.6	-80.2	-72.2	-69.8	-65.8
13	-40.6	-38.3	-33.6	-23.2	-29.0	-34.8	-40.6	-45.2	-47.6	-51.0	-51.6	-48.7	-46.4	-44.1	-51.0	-52.2	-49.3	-51.6	-54.5	-56.8	-58.0	-52.2	-50.5	-47.6
14	-16.7	-15.8	-13.9	-9.6	-11.9	-14.3	-16.7	-18.6	-19.6	-21.0	-21.3	-20.1	-19.1	-18.2	-21.0	-21.5	-20.3	-21.3	-22.5	-23.4	-23.9	-21.5	-20.8	-19.6
15	-107.5	-101.3	-89.1	-61.4	-76.8	-92.1	-107.5	-119.8	-125.9	-135.1	-136.7	-129.0	-122.8	-116.7	-135.1	-138.2	-130.5	-136.7	-144.3	-150.5	-153.6	-138.2	-133.6	-125.9
16	-29.9	-28.2	-24.7	-17.1	-21.3	-25.6	-29.9	-33.3	-35.0	-37.5	-38.0	-35.8	-34.1	-32.4	-37.5	-38.4	-36.3	-38.0	-40.1	-41.8	-42.7	-38.4	-37.1	-35.0
17	-13.1	-12.4	-10.9	-7.5	-9.4	-11.3	-13.1	-14.6	-15.4	-16.5	-16.7	-15.8	-15.0	-14.3	-16.5	-16.9	-16.0	-16.7	-17.6	-18.4	-18.8	-16.9	-16.3	-15.4
18	-71.7	-67.6	-59.4	-40.9	-51.2	-61.4	-71.7	-79.8	-83.9	-90.1	-91.1	-86.0	-81.9	-77.8	-90.1	-92.1	-87.0	-91.1	-96.2	-100.3	-102.4	-92.1	-89.1	-83.9
19	-53.7	-50.7	-44.5	-30.7	-38.4	-46.1	-53.7	-59.9	-63.0	-67.6	-68.3	-64.5	-61.4	-58.4	-67.6	-69.1	-65.3	-68.3	-72.2	-75.2	-76.8	-69.1	-66.8	-63.0
20	-21.5	-20.3	-17.8	-12.3	-15.4	-18.4	-21.5	-24.0	-25.2	-27.0	-27.3	-25.8	-24.6	-23.3	-27.0	-27.6	-26.1	-27.3	-28.9	-30.1	-30.7	-27.6	-26.7	-25.2
21	-16.7	-15.8	-13.9	-9.6	-11.9	-14.3	-16.7	-18.6	-19.6	-21.0	-21.3	-20.1	-19.1	-18.2	-21.0	-21.5	-20.3	-21.3	-22.5	-23.4	-23.9	-21.5	-20.8	-19.6
22	-11.9	-11.3	-9.9	-6.8	-8.5	-10.2	-11.9	-13.3	-14.0	-15.0	-15.2	-14.3	-13.7	-13.0	-15.0	-15.4	-14.5	-15.2	-16.0	-16.7	-17.1	-15.4	-14.9	-14.0
23	-8.4	-7.9	-6.9	-4.8	-6.0	-7.2	-8.4	-9.3	-9.8	-10.5	-10.6	-10.0	-9.6	-9.1	-10.5	-10.7	-10.2	-10.6	-11.2	-11.7	-11.9	-10.7	-10.4	-9.8
24	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
25	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
26	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

27	-74.1	-69.8	-61.4	-42.3	-52.9	-63.5	-74.1	-82.5	-86.7	-93.1	-94.2	-88.9	-84.6	-80.4	-93.1	-95.2	-89.9	-94.2	-99.4	-103.7	-105.8	-95.2	-92.0	-86.7
28	-20.3	-19.1	-16.8	-11.6	-14.5	-17.4	-20.3	-22.6	-23.8	-25.5	-25.8	-24.4	-23.2	-22.0	-25.5	-26.1	-24.7	-25.8	-27.3	-28.4	-29.0	-26.1	-25.2	-23.8
29	-28.7	-27.0	-23.8	-16.4	-20.5	-24.6	-28.7	-31.9	-33.6	-36.0	-36.4	-34.4	-32.8	-31.1	-36.0	-36.9	-34.8	-36.4	-38.5	-40.1	-41.0	-36.9	-35.6	-33.6
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
31	-51.4	-48.4	-42.6	-29.3	-36.7	-44.0	-51.4	-57.2	-60.2	-64.6	-65.3	-61.6	-58.7	-55.8	-64.6	-66.0	-62.4	-65.3	-69.0	-71.9	-73.4	-66.0	-63.8	-60.2
32	-70.5	-66.4	-58.4	-40.3	-50.3	-60.4	-70.5	-78.5	-82.5	-88.6	-89.6	-84.6	-80.5	-76.5	-88.6	-90.6	-85.6	-89.6	-94.6	-98.6	-100.7	-90.6	-87.6	-82.5
33	-27.5	-25.9	-22.8	-15.7	-19.6	-23.5	-27.5	-30.6	-32.2	-34.5	-34.9	-33.0	-31.4	-29.8	-34.5	-35.3	-33.4	-34.9	-36.9	-38.5	-39.2	-35.3	-34.1	-32.2
34	-70.5	-66.4	-58.4	-40.3	-50.3	-60.4	-70.5	-78.5	-82.5	-88.6	-89.6	-84.6	-80.5	-76.5	-88.6	-90.6	-85.6	-89.6	-94.6	-98.6	-100.7	-90.6	-87.6	-82.5
35	-39.4	-37.2	-32.7	-22.5	-28.2	-33.8	-39.4	-43.9	-46.2	-49.5	-50.1	-47.3	-45.0	-42.8	-49.5	-50.7	-47.9	-50.1	-52.9	-55.2	-56.3	-50.7	-49.0	-46.2
36	-37.0	-34.9	-30.7	-21.2	-26.4	-31.7	-37.0	-41.3	-43.4	-46.5	-47.1	-44.4	-42.3	-40.2	-46.5	-47.6	-45.0	-47.1	-49.7	-51.8	-52.9	-47.6	-46.0	-43.4
37	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
38	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
39	-30.4	-28.6	-25.2	-17.4	-21.7	-26.0	-30.4	-33.8	-35.6	-38.2	-38.6	-36.5	-34.7	-33.0	-38.2	-39.1	-36.9	-38.6	-40.8	-42.5	-43.4	-39.1	-37.8	-35.6
40	-22.5	-21.2	-18.6	-12.9	-16.1	-19.3	-22.5	-25.1	-26.4	-28.3	-28.6	-27.0	-25.7	-24.4	-28.3	-28.9	-27.3	-28.6	-30.2	-31.5	-32.1	-28.9	-28.0	-26.4
41	-41.6	-39.2	-34.5	-23.8	-29.7	-35.7	-41.6	-46.4	-48.8	-52.3	-52.9	-50.0	-47.6	-45.2	-52.3	-53.5	-50.5	-52.9	-55.9	-58.3	-59.5	-53.5	-51.7	-48.8
42	-41.6	-39.2	-34.5	-23.8	-29.7	-35.7	-41.6	-46.4	-48.8	-52.3	-52.9	-50.0	-47.6	-45.2	-52.3	-53.5	-50.5	-52.9	-55.9	-58.3	-59.5	-53.5	-51.7	-48.8
43	-20.3	-19.1	-16.8	-11.6	-14.5	-17.4	-20.3	-22.6	-23.7	-25.5	-25.7	-24.3	-23.1	-22.0	-25.5	-26.0	-24.6	-25.7	-27.2	-28.4	-28.9	-26.0	-25.2	-23.7
44	-18.0	-17.0	-14.9	-10.3	-12.9	-15.4	-18.0	-20.1	-21.1	-22.6	-22.9	-21.6	-20.6	-19.5	-22.6	-23.1	-21.9	-22.9	-24.2	-25.2	-25.7	-23.1	-22.4	-21.1
45	-59.6	-56.2	-49.4	-34.1	-42.6	-51.1	-59.6	-66.4	-69.9	-75.0	-75.8	-71.6	-68.1	-64.7	-75.0	-76.7	-72.4	-75.8	-80.1	-83.5	-85.2	-76.7	-74.1	-69.9
46	-31.5	-29.7	-26.1	-18.0	-22.5	-27.0	-31.5	-35.1	-36.9	-39.6	-40.1	-37.8	-36.0	-34.2	-39.6	-40.5	-38.3	-40.1	-42.3	-44.1	-45.0	-40.5	-39.2	-36.9
47	-38.3	-36.1	-31.7	-21.9	-27.3	-32.8	-38.3	-42.6	-44.8	-48.1	-48.6	-45.9	-43.7	-41.5	-48.1	-49.2	-46.4	-48.6	-51.4	-53.6	-54.6	-49.2	-47.5	-44.8
48	-22.5	-21.2	-18.6	-12.9	-16.1	-19.3	-22.5	-25.1	-26.4	-28.3	-28.6	-27.0	-25.7	-24.4	-28.3	-28.9	-27.3	-28.6	-30.2	-31.5	-32.1	-28.9	-28.0	-26.4
49	-97.9	-92.3	-81.1	-55.9	-69.9	-83.9	-97.9	-109.1	-114.7	-123.1	-124.4	-117.5	-111.9	-106.3	-123.1	-125.8	-118.9	-124.4	-131.4	-137.0	-139.8	-125.8	-121.7	-114.7
50	-19.1	-18.0	-15.8	-10.9	-13.7	-16.4	-19.1	-21.3	-22.4	-24.0	-24.3	-23.0	-21.9	-20.8	-24.0	-24.6	-23.2	-24.3	-25.7	-26.8	-27.3	-24.6	-23.8	-22.4
51	-19.1	-18.0	-15.8	-10.9	-13.7	-16.4	-19.1	-21.3	-22.4	-24.0	-24.3	-23.0	-21.9	-20.8	-24.0	-24.6	-23.2	-24.3	-25.7	-26.8	-27.3	-24.6	-23.8	-22.4
52	-20.3	-19.1	-16.8	-11.6	-14.5	-17.4	-20.3	-22.6	-23.7	-25.5	-25.7	-24.3	-23.1	-22.0	-25.5	-26.0	-24.6	-25.7	-27.2	-28.4	-28.9	-26.0	-25.2	-23.7
53	-25.9	-24.4	-21.4	-14.8	-18.5	-22.2	-25.9	-28.8	-30.3	-32.5	-32.9	-31.1	-29.6	-28.1	-32.5	-33.3	-31.4	-32.9	-34.7	-36.2	-37.0	-33.3	-32.2	-30.3
54	-127.1	-119.9	-105.3	-72.6	-90.8	-109.0	-127.1	-141.7	-148.9	-159.8	-161.6	-152.6	-145.3	-138.0	-159.8	-163.5	-154.4	-161.6	-170.7	-178.0	-181.6	-163.5	-158.0	-148.9
55	-70.9	-66.8	-58.7	-40.5	-50.6	-60.8	-70.9	-79.0	-83.0	-89.1	-90.1	-85.1	-81.0	-77.0	-89.1	-91.1	-86.1	-90.1	-95.2	-99.2	-101.3	-91.1	-88.1	-83.0
56	-94.5	-89.1	-78.3	-54.0	-67.5	-81.0	-94.5	-105.3	-110.7	-118.8	-120.2	-113.4	-108.0	-102.6	-118.8	-121.5	-114.8	-120.2	-126.9	-132.3	-135.0	-121.5	-117.5	-110.7
57	-13.5	-12.7	-11.2	-7.7	-9.6	-11.6	-13.5	-15.0	-15.8	-17.0	-17.2	-16.2	-15.4	-14.7	-17.0	-17.4	-16.4	-17.2	-18.1	-18.9	-19.3	-17.4	-16.8	-15.8
58	-13.5	-12.7	-11.2	-7.7	-9.6	-11.6	-13.5	-15.0	-15.8	-17.0	-17.2	-16.2	-15.4	-14.7	-17.0	-17.4	-16.4	-17.2	-18.1	-18.9	-19.3	-17.4	-16.8	-15.8
59	-311.6	-293.8	-258.2	-178.1	-222.6	-267.1	-311.6	-347.3	-365.1	-391.8	-396.2	-374.0	-356.2	-338.4	-391.8	-400.7	-378.4	-396.2	-418.5	-436.3	-445.2	-400.7	-387.3	-365.1

60	-87.8	-82.7	-72.7	-50.1	-62.7	-75.2	-87.8	-97.8	-102.8	-110.3	-111.6	-105.3	-100.3	-95.3	-110.3	-112.8	-106.6	-111.6	-117.8	-122.9	-125.4	-112.8	-109.1	-102.8
61	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
62	-86.6	-81.7	-71.8	-49.5	-61.9	-74.3	-86.6	-96.5	-101.5	-108.9	-110.1	-104.0	-99.0	-94.1	-108.9	-111.4	-105.2	-110.1	-116.3	-121.3	-123.8	-111.4	-107.7	-101.5
63	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
64	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
65	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
66	-43.9	-41.4	-36.4	-25.1	-31.3	-37.6	-43.9	-48.9	-51.4	-55.2	-55.8	-52.7	-50.1	-47.6	-55.2	-56.4	-53.3	-55.8	-58.9	-61.4	-62.7	-56.4	-54.5	-51.4
67	-31.5	-29.7	-26.1	-18.0	-22.5	-27.0	-31.5	-35.1	-36.9	-39.6	-40.1	-37.8	-36.0	-34.2	-39.6	-40.5	-38.3	-40.1	-42.3	-44.1	-45.0	-40.5	-39.2	-36.9
68	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
69	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
70	-74.3	-70.0	-61.5	-42.4	-53.0	-63.6	-74.3	-82.7	-87.0	-93.3	-94.4	-89.1	-84.9	-80.6	-93.3	-95.5	-90.2	-94.4	-99.7	-104.0	-106.1	-95.5	-92.3	-87.0
71	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
72	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
73	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
74	-76.5	-72.1	-63.4	-43.7	-54.6	-65.6	-76.5	-85.2	-89.6	-96.2	-97.3	-91.8	-87.4	-83.1	-96.2	-98.4	-92.9	-97.3	-102.7	-107.1	-109.3	-98.4	-95.1	-89.6
75	-52.9	-49.9	-43.8	-30.2	-37.8	-45.3	-52.9	-58.9	-61.9	-66.5	-67.2	-63.5	-60.4	-57.4	-66.5	-68.0	-64.2	-67.2	-71.0	-74.0	-75.5	-68.0	-65.7	-61.9
76	-76.5	-72.1	-63.4	-43.7	-54.6	-65.6	-76.5	-85.2	-89.6	-96.2	-97.3	-91.8	-87.4	-83.1	-96.2	-98.4	-92.9	-97.3	-102.7	-107.1	-109.3	-98.4	-95.1	-89.6
77	-68.6	-64.7	-56.9	-39.2	-49.0	-58.8	-68.6	-76.5	-80.4	-86.3	-87.3	-82.4	-78.4	-74.5	-86.3	-88.2	-83.3	-87.3	-92.2	-96.1	-98.0	-88.2	-85.3	-80.4
78	-79.9	-75.3	-66.2	-45.6	-57.1	-68.5	-79.9	-89.0	-93.6	-100.4	-101.6	-95.9	-91.3	-86.7	-100.4	-102.7	-97.0	-101.6	-107.3	-111.8	-114.1	-102.7	-99.3	-93.6
79	-43.9	-41.4	-36.4	-25.1	-31.3	-37.6	-43.9	-48.9	-51.4	-55.2	-55.8	-52.7	-50.1	-47.6	-55.2	-56.4	-53.3	-55.8	-58.9	-61.4	-62.7	-56.4	-54.5	-51.4
80	-146.3	-137.9	-121.2	-83.6	-104.5	-125.4	-146.3	-163.0	-171.3	-183.9	-186.0	-175.5	-167.2	-158.8	-183.9	-188.0	-177.6	-186.0	-196.4	-204.8	-208.9	-188.0	-181.8	-171.3
81	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
82	-60.8	-57.3	-50.3	-34.7	-43.4	-52.1	-60.8	-67.7	-71.2	-76.4	-77.2	-72.9	-69.4	-66.0	-76.4	-78.1	-73.8	-77.2	-81.6	-85.1	-86.8	-78.1	-75.5	-71.2
83	-22.5	-21.2	-18.6	-12.9	-16.1	-19.3	-22.5	-25.1	-26.4	-28.3	-28.6	-27.0	-25.7	-24.4	-28.3	-28.9	-27.3	-28.6	-30.2	-31.5	-32.1	-28.9	-28.0	-26.4
84	-12.4	-11.7	-10.3	-7.1	-8.8	-10.6	-12.4	-13.8	-14.5	-15.6	-15.7	-14.9	-14.1	-13.4	-15.6	-15.9	-15.0	-15.7	-16.6	-17.3	-17.7	-15.9	-15.4	-14.5
85	-27.0	-25.5	-22.4	-15.4	-19.3	-23.1	-27.0	-30.1	-31.6	-33.9	-34.3	-32.4	-30.9	-29.3	-33.9	-34.7	-32.8	-34.3	-36.3	-37.8	-38.6	-34.7	-33.6	-31.6
86	-23.6	-22.3	-19.6	-13.5	-16.9	-20.3	-23.6	-26.3	-27.7	-29.7	-30.0	-28.4	-27.0	-25.7	-29.7	-30.4	-28.7	-30.0	-31.7	-33.1	-33.8	-30.4	-29.4	-27.7
87	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
88	-54.0	-50.9	-44.7	-30.9	-38.6	-46.3	-54.0	-60.2	-63.3	-67.9	-68.7	-64.8	-61.7	-58.6	-67.9	-69.4	-65.6	-68.7	-72.5	-75.6	-77.1	-69.4	-67.1	-63.3
89	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
90	-87.8	-82.7	-72.7	-50.1	-62.7	-75.2	-87.8	-97.8	-102.8	-110.3	-111.6	-105.3	-100.3	-95.3	-110.3	-112.8	-106.6	-111.6	-117.8	-122.9	-125.4	-112.8	-109.1	-102.8
91	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
92	-73.1	-69.0	-60.6	-41.8	-52.2	-62.7	-73.1	-81.5	-85.7	-91.9	-93.0	-87.8	-83.6	-79.4	-91.9	-94.0	-88.8	-93.0	-98.2	-102.4	-104.5	-94.0	-90.9	-85.7

93	-13.5	-12.7	-11.2	-7.7	-9.6	-11.6	-13.5	-15.0	-15.8	-17.0	-17.2	-16.2	-15.4	-14.7	-17.0	-17.4	-16.4	-17.2	-18.1	-18.9	-19.3	-17.4	-16.8	-15.8
94	-33.8	-31.8	-28.0	-19.3	-24.1	-28.9	-33.8	-37.6	-39.5	-42.4	-42.9	-40.5	-38.6	-36.6	-42.4	-43.4	-41.0	-42.9	-45.3	-47.3	-48.2	-43.4	-41.9	-39.5
95	-47.3	-44.6	-39.2	-27.0	-33.8	-40.5	-47.3	-52.7	-55.4	-59.4	-60.1	-56.7	-54.0	-51.3	-59.4	-60.8	-57.4	-60.1	-63.5	-66.2	-67.5	-60.8	-58.7	-55.4
96	-42.8	-40.3	-35.4	-24.4	-30.5	-36.6	-42.8	-47.6	-50.1	-53.7	-54.4	-51.3	-48.9	-46.4	-53.7	-55.0	-51.9	-54.4	-57.4	-59.9	-61.1	-55.0	-53.1	-50.1
97	-16.9	-15.9	-14.0	-9.6	-12.1	-14.5	-16.9	-18.8	-19.8	-21.2	-21.5	-20.3	-19.3	-18.3	-21.2	-21.7	-20.5	-21.5	-22.7	-23.6	-24.1	-21.7	-21.0	-19.8
98	-38.3	-36.1	-31.7	-21.9	-27.3	-32.8	-38.3	-42.6	-44.8	-48.1	-48.6	-45.9	-43.7	-41.5	-48.1	-49.2	-46.4	-48.6	-51.4	-53.6	-54.6	-49.2	-47.5	-44.8
99	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
100	-41.6	-39.2	-34.5	-23.8	-29.7	-35.7	-41.6	-46.4	-48.8	-52.3	-52.9	-50.0	-47.6	-45.2	-52.3	-53.5	-50.5	-52.9	-55.9	-58.3	-59.5	-53.5	-51.7	-48.8
101	-24.8	-23.3	-20.5	-14.1	-17.7	-21.2	-24.8	-27.6	-29.0	-31.1	-31.5	-29.7	-28.3	-26.9	-31.1	-31.8	-30.1	-31.5	-33.2	-34.7	-35.4	-31.8	-30.8	-29.0
102	-5.6	-5.3	-4.7	-3.2	-4.0	-4.8	-5.6	-6.3	-6.6	-7.1	-7.2	-6.8	-6.4	-6.1	-7.1	-7.2	-6.8	-7.2	-7.6	-7.9	-8.0	-7.2	-7.0	-6.6
103	-25.9	-24.4	-21.4	-14.8	-18.5	-22.2	-25.9	-28.8	-30.3	-32.5	-32.9	-31.1	-29.6	-28.1	-32.5	-33.3	-31.4	-32.9	-34.7	-36.2	-37.0	-33.3	-32.2	-30.3
104	-42.8	-40.3	-35.4	-24.4	-30.5	-36.6	-42.8	-47.6	-50.1	-53.7	-54.4	-51.3	-48.9	-46.4	-53.7	-55.0	-51.9	-54.4	-57.4	-59.9	-61.1	-55.0	-53.1	-50.1
105	-34.9	-32.9	-28.9	-19.9	-24.9	-29.9	-34.9	-38.9	-40.9	-43.8	-44.3	-41.9	-39.9	-37.9	-43.8	-44.8	-42.4	-44.3	-46.8	-48.8	-49.8	-44.8	-43.3	-40.9
106	-48.4	-45.6	-40.1	-27.6	-34.6	-41.5	-48.4	-53.9	-56.7	-60.8	-61.5	-58.1	-55.3	-52.5	-60.8	-62.2	-58.7	-61.5	-65.0	-67.7	-69.1	-62.2	-60.1	-56.7
107	-31.5	-29.7	-26.1	-18.0	-22.5	-27.0	-31.5	-35.1	-36.9	-39.6	-40.1	-37.8	-36.0	-34.2	-39.6	-40.5	-38.3	-40.1	-42.3	-44.1	-45.0	-40.5	-39.2	-36.9
108	-2.3	-2.1	-1.9	-1.3	-1.6	-1.9	-2.3	-2.5	-2.6	-2.8	-2.9	-2.7	-2.6	-2.4	-2.8	-2.9	-2.7	-2.9	-3.0	-3.2	-3.2	-2.9	-2.8	-2.6
109	-9.0	-8.5	-7.5	-5.1	-6.4	-7.7	-9.0	-10.0	-10.5	-11.3	-11.4	-10.8	-10.3	-9.8	-11.3	-11.6	-10.9	-11.4	-12.1	-12.6	-12.9	-11.6	-11.2	-10.5
110	-43.9	-41.4	-36.4	-25.1	-31.3	-37.6	-43.9	-48.9	-51.4	-55.2	-55.8	-52.7	-50.1	-47.6	-55.2	-56.4	-53.3	-55.8	-58.9	-61.4	-62.7	-56.4	-54.5	-51.4
111	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
112	-28.1	-26.5	-23.3	-16.1	-20.1	-24.1	-28.1	-31.3	-32.9	-35.4	-35.8	-33.8	-32.1	-30.5	-35.4	-36.2	-34.2	-35.8	-37.8	-39.4	-40.2	-36.2	-35.0	-32.9
113	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
114	-9.6	-9.0	-7.9	-5.5	-6.8	-8.2	-9.6	-10.6	-11.2	-12.0	-12.1	-11.5	-10.9	-10.4	-12.0	-12.3	-11.6	-12.1	-12.8	-13.4	-13.6	-12.3	-11.9	-11.2
115	-26.3	-24.8	-21.8	-15.0	-18.8	-22.5	-26.3	-29.3	-30.8	-33.0	-33.4	-31.5	-30.0	-28.5	-33.0	-33.8	-31.9	-33.4	-35.3	-36.8	-37.5	-33.8	-32.7	-30.8
116	-37.1	-35.0	-30.8	-21.2	-26.5	-31.8	-37.1	-41.4	-43.5	-46.7	-47.2	-44.6	-42.4	-40.3	-46.7	-47.7	-45.1	-47.2	-49.9	-52.0	-53.0	-47.7	-46.1	-43.5
117	-23.9	-22.5	-19.8	-13.6	-17.1	-20.5	-23.9	-26.6	-28.0	-30.0	-30.4	-28.7	-27.3	-25.9	-30.0	-30.7	-29.0	-30.4	-32.1	-33.4	-34.1	-30.7	-29.7	-28.0
118	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	

Cifras expresadas en (MW).

APÉNDICE F “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO BASE”.

A continuación se muestran los precios marginales locales.

Tabla F. 1 PML total caso base.

NODO	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
1	958.2	1050.4	930.8	818.4	975.2	903.0	1051.7	1117.9	1064.4	1238.7	1119.5	1041.5	1008.3	1082.4	1173.7	1260.5	1142.5	1291.9	1387.0	1490.6	1815.2	1135.2	1048.5	1108.6
2	956.1	1048.1	928.7	816.6	973.1	901.0	1049.4	1115.4	1062.1	1236.0	1117.1	1039.2	1006.1	1080.0	1171.1	1257.8	1140.0	1289.1	1384.0	1487.4	1811.3	1132.7	1046.3	1106.2
3	952.7	1044.4	925.4	813.7	969.6	897.8	1045.7	1111.4	1058.2	1231.6	1113.1	1035.5	1002.5	1076.1	1166.9	1253.3	1135.9	1284.4	1379.0	1482.0	1804.8	1128.7	1042.5	1102.2
4	941.6	1032.2	914.6	894.6	958.3	887.3	1033.5	1098.5	1045.9	1217.3	1100.2	1023.5	990.8	1063.6	1153.4	1238.7	1122.7	1269.5	1363.0	1432.6	1744.6	1115.5	1030.4	1065.5
5	940.2	1030.6	913.2	803.0	956.8	886.0	1031.9	1096.8	1044.3	1215.4	1098.5	1021.9	989.3	1062.0	1151.6	1236.8	1120.9	1267.5	1360.9	1462.5	1781.0	1113.8	1028.8	1087.7
6	946.3	1037.3	919.2	808.2	963.1	891.7	1038.6	1104.0	1051.1	1223.3	1105.6	1028.5	995.7	1068.9	1159.1	1244.8	1128.2	1275.8	1369.7	1472.1	1792.6	1121.1	1035.5	1094.8
7	946.7	1037.8	919.6	808.6	963.5	892.1	1039.1	1104.4	1051.6	1223.8	1106.1	1029.0	996.1	1069.4	1159.6	1245.4	1128.7	1276.3	1370.3	1472.7	1793.4	1121.6	1035.9	1095.3
8	938.2	1028.5	911.3	801.3	954.9	884.1	1029.8	1094.6	1042.2	1168.2	1055.8	1019.8	987.2	1059.8	1149.2	1234.2	1118.6	1264.9	1358.1	1459.5	1711.9	1111.5	1026.7	1085.5
9	940.4	1030.9	913.5	803.2	957.1	886.2	1032.2	1097.1	1044.6	1215.7	1098.7	1022.1	989.5	1062.2	1151.9	1237.1	1121.2	1267.9	1361.2	1462.9	1781.5	1114.1	1029.1	1088.0
10	899.2	985.7	873.4	768.0	915.1	847.3	986.9	1049.0	998.8	1162.4	1050.6	977.4	946.2	1015.7	1101.4	1182.9	1072.1	1212.3	1301.6	1398.8	1703.4	1091.0	984.0	1040.3
11	944.3	1035.2	917.3	806.5	961.1	889.9	1036.5	1101.7	1049.0	1220.8	1103.3	1026.4	993.7	1066.7	1156.7	1242.3	1125.9	1273.2	1366.9	1469.0	1788.9	1118.8	1033.4	1092.5
12	897.6	983.9	871.8	766.6	913.5	845.8	985.1	1047.1	1023.0	1160.3	1048.7	975.6	944.4	1013.9	1099.4	1180.8	1070.1	1210.1	1299.2	1396.3	1700.3	1063.3	982.2	1038.4
13	957.0	1049.1	929.6	817.4	974.0	901.8	1050.4	1116.5	1063.0	1237.2	1118.2	1040.2	1007.0	1081.0	1172.2	1259.0	1141.0	1290.3	1385.3	1488.8	1813.0	1133.8	1047.2	1107.2
14	955.4	1047.4	928.0	816.0	972.4	900.3	1048.7	1114.6	1061.3	1235.1	1116.3	1038.5	1005.3	1079.2	1170.3	1256.9	1139.1	1288.1	1383.0	1486.3	1809.9	1131.9	1045.5	1105.3
15	940.7	1031.2	913.7	803.4	957.3	886.4	1032.4	1097.4	1044.9	1216.0	1099.0	1022.4	989.8	1062.5	1152.2	1237.4	1121.5	1268.2	1361.6	1463.3	1782.0	1114.4	1029.3	1088.3
16	952.6	1044.3	925.3	813.6	969.5	897.7	1045.6	1111.4	1058.2	1231.5	1113.0	1035.4	1002.4	1076.0	1166.8	1253.2	1135.8	1284.3	1378.9	1481.9	1804.6	1128.6	1042.4	1102.1
17	936.2	1026.3	909.4	799.6	952.8	882.2	1027.6	1092.2	1039.9	1210.3	1093.9	1017.6	985.1	1057.5	1146.8	1231.6	1116.2	1262.2	1355.2	1456.4	1773.6	1109.1	1024.5	1083.1
18	942.5	1033.2	915.5	805.0	959.2	888.1	1034.4	1049.3	999.0	1162.7	1101.2	1024.4	991.7	1015.9	1154.4	1183.2	1072.3	1212.6	1301.9	1466.1	1785.4	1116.6	1031.3	1040.5
19	942.1	1032.8	915.1	804.7	958.8	887.8	1034.0	1099.1	1046.5	1217.9	1100.7	1024.0	991.3	1064.2	1154.0	1239.4	1123.3	1270.2	1363.7	1465.6	1784.7	1116.1	1030.9	1089.9
20	955.2	1047.1	927.9	815.8	972.2	900.1	1048.4	1114.4	1061.0	1234.9	1116.1	1038.2	1005.1	1079.0	1170.0	1256.6	1138.9	1287.8	1382.7	1486.0	1809.6	1131.7	1045.3	1105.1
21	959.0	1051.2	931.5	819.0	975.9	903.6	1052.5	1118.7	1065.2	1239.7	1120.4	1042.3	1009.0	1083.2	1174.6	1261.5	1143.3	1292.9	1388.0	1491.8	1816.6	1136.1	1049.3	1109.4
22	957.5	1049.6	930.0	817.8	974.4	902.2	1050.9	1117.0	1063.5	1237.7	1118.7	1040.7	1007.5	1081.5	1172.8	1259.5	1141.6	1290.8	1385.9	1489.4	1813.8	1134.3	1047.7	1107.7
23	941.4	1032.0	914.5	804.1	958.1	887.1	1033.3	1098.3	1045.7	1217.0	1099.9	1023.3	990.6	1063.4	1153.1	1238.5	1122.4	1269.2	1362.7	1464.5	1783.4	1115.3	1030.2	1089.2
24	898.7	1033.9	916.1	805.5	959.9	888.8	1035.2	1100.3	1047.6	1219.3	1102.0	1025.1	992.4	1065.3	1155.3	1182.3	1124.5	1271.6	1365.2	1398.1	1702.5	1117.4	1032.1	1091.2
25	902.1	988.8	876.2	770.4	918.0	850.0	990.1	1052.4	1002.0	1166.1	1053.9	980.5	949.2	1018.9	1104.9	1186.7	1075.5	1216.2	1305.7	1403.2	1708.8	1068.7	987.1	1043.6

26	903.7	990.7	877.8	771.9	919.7	851.6	991.9	1054.3	1003.8	1168.3	1055.9	982.3	950.9	1020.8	1106.9	1188.8	1077.5	1218.4	1308.1	1405.8	1712.0	1070.6	988.9	1045.5
27	949.7	1041.0	922.4	811.1	966.5	894.9	1042.3	1107.9	1054.9	1227.7	1109.5	1032.2	999.3	1072.7	1163.2	1249.3	1132.2	1280.3	1374.6	1477.3	1799.0	1125.1	1039.2	1098.7
28	958.1	1050.3	930.7	818.3	975.1	902.9	1051.6	1117.8	1064.3	1238.6	1119.4	1041.4	1008.2	1082.2	1173.6	1260.4	1142.3	1291.7	1386.9	1490.5	1815.0	1135.1	1048.4	1108.5
29	957.7	1049.8	930.2	817.9	974.7	902.5	1051.1	1117.3	1063.8	1238.0	1118.9	1040.9	1007.7	1081.8	1173.1	1259.8	1141.8	1291.2	1386.2	1489.8	1814.2	1134.6	1048.0	1108.0
30	933.7	1023.5	906.9	797.4	950.2	879.8	1024.8	1089.2	1037.1	1207.0	1090.9	1014.8	982.4	1054.6	1143.6	1228.2	1113.2	1258.8	1351.5	1452.4	1768.7	1106.1	1021.7	1080.2
31	953.0	1044.7	925.7	814.0	969.9	898.1	1046.0	1111.8	1058.6	1232.0	1113.5	1035.8	1002.8	1076.5	1167.3	1253.7	1136.3	1284.9	1379.5	1482.5	1805.4	1129.0	1042.9	1102.6
32	894.6	1038.5	920.2	809.1	964.1	892.7	1039.8	1105.2	1052.3	1224.6	1106.8	1029.7	996.8	1070.0	1095.7	1246.2	1129.5	1206.1	1294.9	1391.6	1794.6	1122.3	1036.6	1096.0
33	952.4	1044.0	925.1	813.4	969.3	897.4	1045.3	1111.1	1057.9	1231.2	1112.7	1035.1	1002.1	1075.7	1166.5	1252.8	1135.5	1284.0	1378.5	1481.5	1804.1	1128.3	1042.1	1101.8
34	934.1	1024.0	907.4	797.8	950.7	880.3	1025.3	1089.8	1037.6	1207.6	1091.4	1015.3	982.9	1055.1	1144.2	1228.8	1113.7	1259.4	1352.1	1453.1	1769.6	1106.7	1022.2	1080.7
35	938.1	1028.3	911.2	801.2	954.7	884.0	1029.6	1094.4	1042.0	1212.7	1096.0	1019.6	987.1	1059.6	1149.0	1234.1	1118.5	1264.7	1357.9	1459.3	1777.1	1111.4	1026.5	1085.3
36	938.2	1028.4	911.3	801.3	954.8	884.1	1029.7	1094.5	1003.8	1212.8	1055.9	982.3	950.9	1020.8	1128.0	1211.5	1118.6	1264.8	1358.0	1459.4	1777.2	1111.4	988.9	1045.5
37	932.4	1022.1	905.7	796.3	948.9	878.6	1023.4	1087.8	1035.7	1205.3	1089.4	1013.4	981.1	1053.2	1142.1	1226.6	1111.7	1257.1	1349.6	1450.4	1766.3	1104.6	1020.3	1078.7
38	930.0	1019.5	903.4	794.3	946.5	876.4	1020.8	1085.0	1033.0	1202.3	1086.6	1010.8	978.6	1050.5	1139.2	1223.4	1108.8	1253.8	1346.2	1446.7	1761.8	1101.8	1017.7	1075.9
39	947.9	1039.1	920.7	809.6	964.7	893.2	1040.3	1105.8	1052.9	1225.3	1107.4	1030.2	997.4	1070.7	1161.0	1246.9	1130.1	1277.9	1372.0	1474.5	1795.6	1122.9	1037.2	1096.6
40	946.4	1037.5	919.3	808.3	963.2	891.8	1038.8	1104.1	1051.3	1223.5	1105.8	1028.7	995.8	1069.0	1159.2	1245.0	1128.4	1276.0	1369.9	1472.2	1792.9	1121.2	1035.6	1094.9
41	953.0	1044.6	925.6	813.9	969.8	898.0	1045.9	1111.7	1058.5	1231.9	1113.4	1035.8	1002.7	1076.4	1167.2	1253.6	1136.2	1284.8	1379.4	1482.4	1805.3	1129.0	1042.8	1102.5
42	947.4	1038.5	920.2	809.1	964.2	892.8	1039.8	1105.2	1052.3	1224.7	1106.9	1029.7	996.9	1070.1	1160.4	1246.3	1129.5	1277.3	1371.3	1473.8	1794.7	1122.4	1036.7	1096.0
43	958.3	1050.5	930.9	818.5	975.3	903.1	1051.8	1118.0	1064.5	1238.9	1119.7	1041.6	1008.4	1082.5	1173.8	1260.7	1142.6	1292.0	1387.2	1490.8	1815.5	1135.3	1048.7	1108.7
44	961.9	1054.4	934.3	821.5	978.9	906.4	1055.7	1122.1	1068.4	1243.4	1123.8	1045.5	1012.1	1086.5	1178.2	1265.3	1146.8	1296.8	1392.3	1496.3	1822.1	1139.5	1052.5	1112.8
45	953.9	1045.6	926.5	814.7	970.8	898.9	1046.9	1112.8	1059.5	1233.1	1114.5	1036.8	1003.7	1077.4	1168.4	1254.8	1137.3	1286.0	1380.7	1483.8	1807.0	1130.0	1043.8	1103.5
46	949.4	1040.8	922.2	810.9	966.3	894.7	1042.1	1107.6	1054.6	1227.4	1109.3	1031.9	999.0	1008.1	1162.9	1174.0	1132.0	1203.2	1291.8	1388.3	1690.7	1124.8	1038.9	1098.4
47	939.3	1029.6	912.3	802.2	955.9	885.1	1030.9	1095.8	1043.3	1214.2	1097.4	1020.9	988.3	1060.9	1150.5	1235.6	1119.9	1266.3	1359.6	1461.1	1779.3	1112.7	1027.8	1086.6
48	943.5	1034.3	916.5	805.8	960.2	889.1	1035.6	1100.7	1048.0	1219.7	1102.3	1025.5	992.8	1065.7	1155.7	1241.2	1124.9	1272.0	1365.7	1467.7	1787.3	1117.8	1032.4	1091.5
49	912.8	1000.7	886.7	779.6	929.0	860.2	1001.9	1064.9	1014.0	1180.1	1066.5	992.2	960.5	1031.1	1118.1	1200.8	1088.4	1230.7	1321.3	1420.0	1729.3	1081.4	998.9	1056.1
50	948.3	1039.5	921.1	809.9	965.1	893.6	1040.8	1106.3	1053.3	1225.9	1107.9	1030.7	997.8	1071.1	1161.5	1247.4	1130.6	1278.5	1372.6	1475.1	1796.4	1123.4	1037.7	1097.1
51	950.0	1041.4	922.8	811.4	966.8	895.2	1042.7	1108.3	1055.2	1228.1	1109.9	1032.6	999.6	1073.1	1163.6	1249.7	1132.6	1280.8	1375.1	1477.8	1799.6	1125.5	1039.5	1099.1
52	957.9	1050.0	930.4	818.1	974.9	902.6	1051.3	1117.5	1064.0	1238.3	1119.2	1041.1	1007.9	1082.0	1173.3	1260.1	1142.1	1291.4	1386.5	1490.1	1814.6	1134.8	1048.2	1108.2
53	952.5	1044.1	925.2	813.5	969.4	897.6	1045.4	1111.2	1058.0	1231.3	1112.8	1035.3	1002.2	1075.9	1166.7	1253.0	1135.6	1284.1	1378.7	1481.7	1804.4	1128.4	1042.3	1101.9
54	906.1	993.3	880.2	799.2	922.2	853.9	994.5	1057.1	1006.5	1171.4	1058.7	984.9	953.4	1023.5	1109.9	1192.0	1080.3	1221.6	1311.6	1409.6	1716.5	1073.5	991.5	1048.3
55	937.7	1027.9	910.8	800.8	954.3	883.6	992.5	1093.9	1041.5	1212.1	1095.5	982.8	951.5	1059.1	1148.5	1233.5	1117.9	1264.1	1308.9	1406.6	1776.3	1110.8	1026.0	1084.8
56	906.1	1025.8	909.0	799.3	952.4	881.8	1027.1	1091.7	1039.5	1209.7	1093.4	1017.1	984.7	1057.0	1146.2	1231.0	1098.0	1241.0	1354.5	1455.7	1772.8	1108.6	1024.0	1082.6
57	953.9	1045.7	926.6	814.7	970.8	898.9	1047.0	1112.9	1059.6	1233.2	1114.5	1036.8	1003.7	1077.5	1168.4	1254.9	1137.3	1286.1	1380.8	1483.9	1807.1	1130.1	1043.8	1103.6
58	952.7	1044.4	925.4	813.7	969.6	897.8	1045.7	1111.4	1058.2	1231.6	1113.1	1035.5	1002.5	1076.1	1166.9	1253.3	1135.9	1284.4	1379.0	1482.0	1804.8	1128.7	1042.5	1102.2
59	928.5	1017.8	901.9	793.0	944.9	874.9	1019.1	1083.2	1031.3	1200.3	1084.8	1009.2	977.0	1048.8	1137.3	1221.4	1107.0	1251.8	1343.9	1444.3	1758.9	1100.0	1016.0	1074.2

60	927.9	1017.2	901.3	792.5	944.4	874.4	1018.4	1082.5	1030.7	1199.5	1084.1	1008.5	976.4	1048.1	1136.6	1220.7	1106.3	1251.0	1343.1	1443.5	1757.8	1099.3	1015.4	1073.5
61	921.0	1003.8	889.5	782.1	931.9	862.9	1005.1	1068.3	1017.1	1183.8	1069.9	995.3	963.5	1034.3	1121.6	1204.6	1091.8	1234.6	1325.5	1424.5	1734.7	1084.8	1002.0	1059.4
62	929.1	1018.5	902.5	793.5	945.6	875.5	1019.8	1083.9	1032.0	1201.1	1085.5	1009.8	960.5	1049.5	1138.0	1222.2	1107.7	1252.6	1344.8	1445.3	1760.1	1100.7	1016.7	1074.9
63	926.5	1015.6	899.9	791.3	942.9	873.0	1016.8	1080.8	1029.1	1197.6	1082.4	1007.0	974.8	1046.5	1134.8	1218.7	1104.6	1249.0	1341.0	1441.2	1755.0	1097.6	1013.8	1071.8
64	925.0	1014.0	898.5	790.1	941.4	871.7	1015.3	1079.2	1027.5	1195.8	1080.8	1005.4	973.3	1044.9	1133.0	1216.9	1102.9	1247.1	1338.9	1439.0	1752.4	1095.9	1012.2	1070.2
65	919.3	1007.8	893.0	785.2	935.6	866.3	1009.0	1072.5	1021.2	1188.4	1074.1	999.2	967.3	1038.4	1126.1	1209.4	1096.1	1239.4	1330.7	1430.1	1741.6	1089.1	1006.0	1063.6
66	917.7	1006.0	891.4	783.8	934.0	864.8	1007.3	1074.4	1019.4	1186.4	1072.2	997.5	965.7	1040.3	1128.0	1207.3	1094.2	1237.3	1328.4	1427.6	1738.5	1087.2	1004.2	1061.7
67	935.9	1025.9	909.0	799.3	952.5	881.9	1027.2	1091.8	1039.5	1209.8	1093.4	1017.2	984.7	1057.1	1146.3	1231.1	1115.8	1261.7	1354.6	1455.8	1772.9	1108.7	1024.1	1082.7
68	921.3	1009.9	894.9	786.8	937.6	868.1	1011.1	1074.8	1023.3	1190.9	1076.4	1001.3	969.4	1040.6	1128.4	1211.9	1098.4	1242.0	1333.5	1433.1	1745.2	1091.4	1008.1	1065.8
69	919.1	1007.5	892.7	785.0	935.4	867.8	1008.8	1072.2	1020.9	1188.1	1076.0	1001.0	967.1	1042.4	1130.3	1213.9	1100.2	1244.1	1335.7	1435.5	1748.1	1088.8	1007.8	1063.3
70	936.6	1026.7	909.7	799.9	953.2	882.5	1027.9	1092.6	1040.3	1210.7	1094.2	1017.9	985.5	1057.9	1147.2	1232.0	1116.6	1262.7	1355.6	1456.9	1774.2	1109.5	1024.8	1083.5
71	943.3	1034.0	916.2	805.6	960.0	888.9	1035.3	1100.4	1047.8	1219.4	1102.1	1025.2	992.5	1065.5	1155.4	1240.9	1124.6	1271.7	1365.3	1467.4	1786.9	1117.5	1032.2	1091.3
72	959.1	1051.3	931.6	819.1	976.1	903.8	1052.7	1118.9	1065.3	1141.2	1120.5	1042.4	1009.2	1083.3	1174.7	1261.7	1143.5	1293.0	1277.8	1373.3	1672.4	1136.2	1049.5	1109.6
73	951.1	1042.6	923.8	812.3	967.9	896.2	1043.9	1109.5	1056.4	1229.5	1111.2	1033.7	1000.7	1074.3	1164.9	1251.1	1133.9	1282.2	1289.4	1385.8	1687.6	1126.7	1040.7	1100.3
74	943.8	1034.6	916.8	806.1	960.5	889.4	1035.9	1101.1	1048.4	1220.1	1102.7	1025.8	993.1	1066.1	1156.1	1241.6	1125.3	1272.5	1366.1	1468.2	1787.9	1118.1	1032.8	1091.9
75	937.8	1028.0	910.9	800.9	954.4	883.7	1029.3	1094.0	1041.6	1212.3	1095.7	1019.3	986.7	1059.3	1148.6	1233.6	1118.1	1264.3	1357.4	1458.8	1776.5	1111.0	1026.2	1084.9
76	966.6	1059.6	938.9	825.6	937.3	910.9	1060.9	1127.7	1073.7	1249.6	1129.4	1050.6	1017.1	1091.9	1072.1	1271.6	1152.5	1180.0	1399.2	1503.7	1831.2	1036.9	1057.8	1012.6
77	928.3	1001.6	901.6	792.8	944.7	874.7	1018.8	1082.9	1031.1	1200.0	1067.5	1008.9	961.4	1048.5	1119.1	1201.9	1089.3	1231.8	1333.0	1421.3	1730.8	1082.4	1015.7	1073.9
78	930.2	1019.7	903.6	794.5	946.7	876.6	1021.0	1085.2	1033.3	1202.5	1086.9	1011.1	978.8	1050.7	1139.4	1223.7	1109.1	1254.1	1346.5	1447.1	1762.2	1102.0	1017.9	1076.2
79	931.3	1020.9	904.6	795.4	947.8	877.6	1022.2	1086.5	1034.5	1203.9	1088.1	1012.2	979.9	1051.9	1140.7	1225.1	1110.3	1255.6	1348.0	1448.7	1764.2	1103.3	1019.1	1077.4
80	917.1	1009.6	890.9	786.6	933.4	864.2	1010.8	1070.0	1018.7	1190.5	1071.6	996.8	969.0	1036.0	1123.4	1206.5	1093.5	1236.5	1327.5	1426.7	1737.4	1086.5	1003.6	1061.0
81	922.9	1011.7	896.4	788.2	939.3	869.7	1012.9	1076.7	1025.1	1193.1	1078.3	1003.1	971.1	1042.5	1130.4	1214.1	1100.3	1244.2	1335.9	1435.7	1748.3	1093.3	1009.9	1067.7
82	902.8	1029.5	912.2	802.1	955.8	850.7	990.9	1095.6	1043.1	1214.0	1097.2	1020.7	988.1	1060.8	1150.3	1235.4	1119.7	1266.1	1306.8	1404.4	1710.2	1112.6	1027.6	1086.5
83	946.3	1037.3	919.1	808.2	963.0	891.7	1038.6	1103.9	1051.1	1223.3	1105.6	1028.5	995.7	1068.8	1159.0	1244.8	1128.2	1275.7	1369.7	1472.0	1792.6	1121.0	1035.5	1094.7
84	968.1	1061.2	940.3	826.8	985.2	912.3	1062.5	1129.4	1075.3	1251.5	1131.1	1052.2	1018.6	1093.5	1185.8	1273.5	1154.2	1305.2	1401.3	1506.0	1833.9	1146.9	1059.3	1120.0
85	954.1	1045.9	926.8	814.9	971.0	899.1	1047.2	1113.1	1059.8	1233.4	1114.8	1037.0	1003.9	1077.7	1168.7	1255.1	1137.6	1286.3	1381.0	1484.2	1807.5	1130.3	1044.1	1103.8
86	985.4	1080.2	957.2	841.6	1002.9	928.6	1081.5	1149.6	1094.6	1273.9	1151.3	1071.0	1036.9	1113.1	1207.0	1296.3	1174.9	1328.5	1426.3	1532.9	1866.7	1167.4	1078.3	1140.0
87	834.1	914.3	810.2	712.4	848.9	786.0	915.5	973.1	926.5	1078.2	974.5	906.6	877.6	942.1	1021.6	1097.2	994.4	1124.5	1207.3	1297.5	1580.1	988.1	912.7	964.9
88	956.1	1048.1	928.7	816.6	973.0	900.9	1049.4	1115.4	1062.0	1236.0	1117.1	1039.2	1006.0	1079.9	1171.1	1257.7	1139.9	1289.0	1383.9	1487.3	1811.2	1132.7	1046.2	1106.1
89	892.0	977.8	866.4	761.8	907.8	840.6	979.0	1040.6	990.8	1153.1	1042.2	969.5	938.6	1007.6	1092.6	1173.4	1063.5	1202.6	1291.1	1387.6	1689.8	1056.7	976.1	1032.0
90	960.4	1052.7	932.8	820.2	977.4	905.0	1054.0	1120.4	1066.7	1241.5	1122.0	1043.8	1010.5	1084.8	1176.3	1263.3	1145.0	1294.7	1390.1	1493.9	1819.3	1137.7	1050.9	1111.0
91	965.4	1058.3	937.7	824.5	982.5	909.7	1059.6	1126.3	1072.3	1248.0	1127.9	1049.3	1015.8	1090.5	1182.5	1270.0	1151.0	1301.6	1397.4	1501.8	1828.8	1143.7	1056.4	1116.9
92	946.9	1038.0	919.7	808.7	963.7	892.3	1039.3	1104.6	994.2	1157.0	1045.7	972.8	941.8	1011.0	1096.3	1177.4	1067.1	1206.7	1295.5	1392.3	1695.5	1060.3	979.4	1035.5
93	951.6	1043.1	924.3	812.7	968.4	896.7	1044.4	1110.1	1057.0	1230.1	1111.8	1034.3	1001.3	1074.8	1165.6	1251.8	1134.5	1282.9	1377.4	1480.3	1802.6	1127.3	1041.3	1100.9

94	940.5	1031.0	913.5	803.3	957.2	886.3	1032.3	1097.2	1044.7	1215.8	1098.8	1022.2	989.6	1062.3	1152.0	1237.2	1121.3	1268.0	1361.3	1463.0	1781.7	1114.2	1029.2	1088.1
95	943.0	1033.7	915.9	805.4	959.7	888.6	1035.0	1100.1	1047.4	1219.0	1101.7	1024.9	992.2	1065.1	1155.0	1240.5	1124.3	1271.3	1364.9	1466.9	1786.3	1117.1	1031.8	1090.9
96	935.4	1025.4	908.6	798.9	952.0	881.4	1026.6	1091.2	1039.0	1209.2	1092.9	1016.7	984.2	1056.5	1145.7	1230.5	1115.2	1261.1	1353.9	1455.1	1771.9	1108.1	1023.5	1082.1
97	935.8	1025.9	909.0	799.3	952.4	881.9	1027.1	1091.8	1039.5	1209.8	1093.4	1017.2	984.7	1057.1	1146.3	1231.1	1115.8	1261.7	1354.6	1455.8	1772.8	1108.7	1024.0	1082.7
98	941.0	1031.5	914.0	803.7	957.7	886.7	1032.8	1097.8	1045.3	1216.5	1099.4	1022.8	990.2	1062.9	1152.6	1237.9	1121.9	1268.7	1362.1	1463.8	1782.6	1114.8	1029.7	1088.7
99	896.8	983.1	871.1	766.0	912.7	845.1	984.3	1046.2	996.2	1159.3	1047.8	974.7	943.6	1013.0	1098.5	1179.7	1069.2	1209.1	1298.1	1395.1	1698.9	1062.4	981.3	1037.5
100	900.9	987.6	875.1	769.5	916.9	849.0	988.8	1051.1	1000.7	1164.7	1052.6	979.2	948.0	1017.7	1103.5	1185.2	1074.2	1214.6	1304.1	1401.5	1706.7	1067.3	985.9	1042.3
101	954.2	1046.0	926.9	815.0	971.1	899.2	1047.3	1113.2	1059.9	1233.6	1114.9	1037.2	1004.1	1077.8	1168.8	1255.3	1137.7	1286.5	1381.2	1484.4	1807.7	1130.5	1044.2	1103.9
102	952.5	1044.1	925.2	813.5	969.4	897.6	1045.4	1111.2	1058.0	1231.3	1112.8	1035.3	1002.2	1075.9	1166.7	1253.0	1135.6	1284.1	1378.7	1481.7	1804.4	1128.4	1042.3	1101.9
103	952.4	1044.0	925.1	813.4	969.3	897.5	1045.3	1111.1	1057.9	1231.2	1112.7	1035.2	1002.1	1075.8	1166.6	1252.9	1135.5	1284.0	1378.5	1481.5	1804.2	1128.3	1042.2	1101.8
104	884.5	1049.6	930.0	755.4	974.4	902.2	1050.9	1117.0	1063.5	1237.7	1118.6	961.3	1007.4	1081.5	1083.3	1163.5	1054.5	1290.8	1385.9	1489.4	1813.8	1134.3	1047.7	1023.2
105	958.1	1050.2	930.6	818.3	975.0	902.8	1051.5	1117.7	1064.2	1142.6	1032.6	960.7	1008.1	1082.2	1173.5	1260.3	1142.3	1191.6	1279.3	1374.9	1674.3	1047.1	967.2	1108.4
106	962.1	1054.7	934.6	821.8	979.2	906.7	1056.0	1122.5	1068.7	1243.8	1124.1	1045.8	1012.4	1086.8	1178.5	1265.7	1147.1	1297.2	1392.7	1496.7	1822.7	1139.8	1052.8	1113.1
107	981.4	1075.8	953.3	838.2	998.8	924.8	1077.1	1144.9	1090.1	1268.7	1146.6	1066.7	1032.6	1108.5	1202.1	1291.0	1170.1	1323.1	1420.5	1526.6	1859.1	1162.6	1073.9	1135.4
108	972.3	1065.9	944.4	830.4	989.5	916.2	1067.2	1134.3	1080.0	1256.9	1136.0	1056.8	1023.1	1098.3	1191.0	1279.1	1159.3	1310.9	1407.4	1512.5	1841.9	1151.9	1064.0	1124.9
109	975.0	1068.8	947.1	832.7	992.3	918.8	1070.1	1137.5	1083.0	1260.4	1139.2	1059.8	1025.9	1101.3	1194.3	1282.6	1162.5	1314.5	1411.3	1516.7	1847.0	1155.1	1066.9	1128.0
110	974.2	1068.0	946.3	832.1	991.5	918.0	1069.3	1136.6	1082.1	1259.4	1138.3	1058.9	1025.1	1100.4	1193.3	1281.6	1161.5	1313.5	1410.2	1515.5	1845.6	1154.2	1066.1	1127.1
111	993.3	1088.8	964.8	848.3	1010.9	936.0	1090.2	990.1	942.7	1097.1	991.5	922.4	1045.1	1121.9	1216.6	1306.6	1184.2	1339.1	1437.7	1545.1	1881.6	1176.7	1086.9	1149.1
112	996.7	1092.6	820.9	721.8	860.1	939.2	1094.0	1162.8	1107.1	1288.5	1164.5	918.6	889.3	1125.9	1220.9	1311.2	1188.4	1343.8	1442.7	1550.5	1888.2	1180.8	924.8	977.8
113	943.4	1034.2	916.4	805.8	960.1	889.0	986.1	1048.2	998.0	1161.5	1049.7	976.6	945.4	1014.9	1100.5	1181.9	1071.2	1211.3	1300.5	1397.7	1702.0	1064.4	983.2	1039.4
114	953.2	1044.9	925.8	814.1	970.0	898.2	1046.1	1112.0	1058.7	1232.2	1113.6	1036.0	1002.9	1076.6	1167.5	1253.9	1136.4	1285.0	1379.7	1482.7	1805.6	1129.2	1043.0	1102.7
115	953.5	1045.2	926.1	814.3	970.3	898.5	1046.5	1112.3	1059.1	1232.6	1114.0	1036.3	1003.2	1077.0	1167.9	1254.3	1136.8	1285.4	1380.1	1483.2	1806.2	1129.5	1043.3	1103.0
116	951.6	1043.1	924.3	812.7	968.4	896.7	1044.4	1110.1	1057.0	1230.1	1111.8	1034.3	1001.3	1074.8	1165.5	1251.8	1134.5	1282.9	1377.4	1480.3	1802.6	1127.3	1041.3	1100.9
117	973.8	1067.5	945.9	831.7	991.1	917.6	1068.8	1136.1	1081.7	1258.9	1137.8	1058.4	1024.7	1100.0	1192.8	1281.0	1161.0	1312.9	1409.6	1514.9	1844.8	1153.7	1065.6	1126.6
118	915.7	1005.4	804.2	783.3	983.8	866.1	1006.6	1070.6	997.0	1185.6	1073.8	999.0	965.0	1036.6	1106.9	1188.8	1115.7	1261.7	1322.5	1464.8	1783.8	1065.3	1005.7	1089.4

Tabla F. 2 Componente de energía caso base.

NODO	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
TODOS	921.0	1009.6	894.6	786.6	937.3	867.8	1010.8	1074.4	1023.0	1190.5	1076.0	1001.0	969.0	1040.3	1128.0	1211.5	1098.0	1241.6	1333.0	1432.6	1744.6	1091.0	1007.8	1065.5

Tabla F. 3 Componente de pérdidas caso base.

NODO	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
1	37.3	40.9	36.2	31.8	37.9	35.1	40.9	43.5	41.4	48.2	43.5	40.5	39.2	42.1	45.7	49.0	44.4	50.2	53.9	58.0	70.6	44.2	40.8	43.1
2	35.2	38.6	34.2	30.1	35.8	33.2	38.6	41.1	39.1	45.5	41.1	38.2	37.0	39.7	43.1	46.3	42.0	47.4	50.9	54.7	66.7	41.7	38.5	40.7
3	31.8	34.8	30.9	27.1	32.3	29.9	34.9	37.1	35.3	41.1	37.1	34.5	33.4	35.9	38.9	41.8	37.9	42.8	46.0	49.4	60.2	37.6	34.8	36.7
4	20.7	22.7	20.1	17.7	21.1	19.5	22.7	24.1	23.0	26.7	24.2	22.5	21.8	23.4	25.3	27.2	24.7	27.9	29.9	0.0	0.0	24.5	22.6	0.0
5	19.2	21.1	18.7	16.4	19.6	18.1	21.1	22.4	21.4	24.9	22.5	20.9	20.2	21.7	23.6	25.3	22.9	25.9	27.8	29.9	36.4	22.8	21.0	22.2
6	25.3	27.8	24.6	21.6	25.8	23.9	27.8	29.6	28.2	32.8	29.6	27.5	26.7	28.6	31.0	33.3	30.2	34.2	36.7	39.4	48.0	30.0	27.7	29.3
7	25.8	28.2	25.0	22.0	26.2	24.3	28.3	30.1	28.6	33.3	30.1	28.0	27.1	29.1	31.6	33.9	30.7	34.7	37.3	40.1	48.8	30.5	28.2	29.8
8	17.3	19.0	16.8	14.8	17.6	16.3	19.0	20.2	19.2	-22.3	-20.2	18.8	18.2	19.5	21.2	22.7	20.6	23.3	25.0	26.9	-32.7	20.5	18.9	20.0
9	19.5	21.3	18.9	16.6	19.8	18.3	21.4	22.7	21.6	25.2	22.7	21.1	20.5	22.0	23.8	25.6	23.2	26.2	28.2	30.3	36.9	23.1	21.3	22.5
10	-21.7	-23.8	-21.1	0.0	-22.1	-20.5	-23.9	-25.4	-24.2	-28.1	-25.4	-23.6	-22.9	-24.6	-26.6	-28.6	-25.9	-29.3	-31.5	-33.8	-41.2	0.0	-23.8	-25.2
11	23.4	25.6	22.7	20.0	23.8	22.0	25.7	27.3	26.0	30.2	27.3	25.4	24.6	26.4	28.7	30.8	27.9	31.5	33.9	36.4	44.3	27.7	25.6	27.1
12	-23.4	-25.6	-22.7	-20.0	-23.8	-22.0	-25.7	-27.3	0.0	-30.2	-27.3	-25.4	-24.6	-26.4	-28.6	-30.8	-27.9	-31.5	-33.8	-36.4	-44.3	-27.7	-25.6	-27.0
13	36.1	39.6	35.0	30.8	36.7	34.0	39.6	42.1	40.1	46.6	42.2	39.2	38.0	40.8	44.2	47.5	43.0	48.6	52.2	56.1	68.4	42.7	39.5	41.7
14	34.5	37.8	33.5	29.5	35.1	32.5	37.8	40.2	38.3	44.6	40.3	37.5	36.3	39.0	42.2	45.4	41.1	46.5	49.9	53.6	65.3	40.9	37.7	39.9
15	19.7	21.6	19.1	16.8	20.1	18.6	21.6	23.0	21.9	25.5	23.0	21.4	20.7	22.3	24.1	25.9	23.5	26.6	28.5	30.7	37.3	23.4	21.6	22.8
16	31.7	34.7	30.8	27.1	32.2	29.9	34.8	37.0	35.2	40.9	37.0	34.4	33.3	35.8	38.8	41.7	37.8	42.7	45.9	49.3	60.0	37.5	34.7	36.6
17	15.3	16.8	14.8	13.1	15.6	14.4	16.8	17.8	17.0	19.8	17.9	16.6	16.1	17.3	18.7	20.1	18.2	20.6	22.1	23.8	29.0	18.1	16.7	17.7
18	21.5	23.6	20.9	18.4	21.9	20.3	23.6	-25.1	-23.9	-27.8	25.2	23.4	22.7	-24.3	26.4	-28.3	-25.7	-29.0	-31.2	33.5	40.8	25.5	23.6	-24.9
19	21.2	23.2	20.6	18.1	21.6	20.0	23.2	24.7	23.5	27.4	24.7	23.0	22.3	23.9	25.9	27.9	25.2	28.5	30.7	32.9	40.1	25.1	23.2	24.5
20	34.3	37.6	33.3	29.3	34.9	32.3	37.6	40.0	38.1	44.3	40.1	37.3	36.1	38.7	42.0	45.1	40.9	46.2	49.6	53.3	64.9	40.6	37.5	39.7
21	38.0	41.7	36.9	32.5	38.7	35.8	41.7	44.3	42.2	49.1	44.4	41.3	40.0	42.9	46.5	50.0	45.3	51.2	55.0	59.1	72.0	45.0	41.6	44.0
22	36.5	40.0	35.5	31.2	37.2	34.4	40.1	42.6	40.6	47.2	42.7	39.7	38.4	41.2	44.7	48.0	43.5	49.2	52.9	56.8	69.2	43.3	40.0	42.2
23	20.5	22.5	19.9	17.5	20.9	19.3	22.5	23.9	22.8	26.5	23.9	22.3	21.6	23.1	25.1	27.0	24.4	27.6	29.7	31.9	38.8	24.3	22.4	23.7
24	-22.2	24.4	21.6	19.0	22.6	20.9	24.4	25.9	24.7	28.7	26.0	24.1	23.4	25.1	27.2	-29.2	26.5	30.0	32.2	-34.6	-42.1	26.3	24.3	25.7
25	-18.9	-20.7	-18.3	-16.1	-19.2	-17.8	-20.7	-22.0	-21.0	-24.4	-22.1	-20.5	-19.9	-21.3	-23.1	-24.9	-22.5	-25.5	-27.3	-29.4	-35.8	-22.4	-20.7	-21.9
26	-17.2	-18.9	-16.7	-14.7	-17.5	-16.2	-18.9	-20.1	-19.1	-22.3	-20.1	-18.7	-18.1	-19.5	-21.1	-22.7	-20.5	-23.2	-24.9	-26.8	-32.6	-20.4	-18.9	-19.9
27	28.7	31.5	27.9	24.5	29.2	27.1	31.5	33.5	31.9	37.1	33.5	31.2	30.2	32.4	35.2	37.8	34.2	38.7	41.6	44.7	54.4	34.0	31.4	33.2
28	37.2	40.8	36.1	31.8	37.8	35.0	40.8	43.4	41.3	48.1	43.4	40.4	39.1	42.0	45.5	48.9	44.3	50.1	53.8	57.8	70.4	44.0	40.7	43.0
29	36.7	40.3	35.7	31.4	37.4	34.6	40.3	42.9	40.8	47.5	42.9	39.9	38.7	41.5	45.0	48.3	43.8	49.5	53.2	57.2	69.6	43.5	40.2	42.5
30	12.7	14.0	12.4	10.9	13.0	12.0	14.0	14.8	14.1	16.5	14.9	13.8	13.4	14.4	15.6	16.7	15.2	17.2	18.4	19.8	24.1	15.1	13.9	14.7
31	32.1	35.2	31.2	27.4	32.6	30.2	35.2	37.4	35.6	41.5	37.5	34.9	33.7	36.2	39.3	42.2	38.2	43.2	46.4	49.9	60.8	38.0	35.1	37.1

32	-26.4	28.9	25.6	22.5	26.8	24.9	28.9	30.8	29.3	34.1	30.8	28.7	27.8	29.8	-32.3	34.7	31.4	-35.6	-38.2	-41.0	50.0	31.2	28.9	30.5
33	31.4	34.4	30.5	26.8	32.0	29.6	34.5	36.7	34.9	40.6	36.7	34.2	33.1	35.5	38.5	41.3	37.5	42.4	45.5	48.9	59.5	37.2	34.4	36.4
34	13.2	14.5	12.8	11.3	13.4	12.4	14.5	15.4	14.6	17.0	15.4	14.3	13.9	14.9	16.2	17.3	15.7	17.8	19.1	20.5	25.0	15.6	14.4	15.3
35	17.1	18.8	16.7	14.6	17.5	16.2	18.8	20.0	19.0	22.2	20.0	18.6	18.0	19.4	21.0	22.6	20.4	23.1	24.8	26.7	32.5	20.3	18.8	19.8
36	17.2	18.9	16.7	14.7	17.5	16.2	18.9	20.1	-19.1	22.3	-20.1	-18.7	-18.1	-19.5	0.0	0.0	20.5	23.2	24.9	26.8	32.6	20.4	-18.8	-19.9
37	11.5	12.6	11.1	9.8	11.7	10.8	12.6	13.4	12.7	14.8	13.4	12.4	12.0	12.9	14.0	15.1	13.7	15.4	16.6	17.8	21.7	13.6	12.5	13.2
38	9.1	9.9	8.8	7.7	9.2	8.5	10.0	10.6	10.1	11.7	10.6	9.9	9.5	10.2	11.1	11.9	10.8	12.2	13.1	14.1	17.2	10.7	9.9	10.5
39	26.9	29.5	26.1	23.0	27.4	25.4	29.5	31.4	29.9	34.8	31.4	29.2	28.3	30.4	33.0	35.4	32.1	36.3	39.0	41.9	51.0	31.9	29.4	31.1
40	25.5	27.9	24.7	21.8	25.9	24.0	28.0	29.7	28.3	32.9	29.8	27.7	26.8	28.8	31.2	33.5	30.4	34.3	36.9	39.6	48.2	30.2	27.9	29.5
41	32.0	35.1	31.1	27.3	32.6	30.2	35.1	37.3	35.6	41.4	37.4	34.8	33.7	36.2	39.2	42.1	38.2	43.2	46.3	49.8	60.6	37.9	35.0	37.0
42	26.4	29.0	25.7	22.6	26.9	24.9	29.0	30.8	29.4	34.2	30.9	28.7	27.8	29.9	32.4	34.8	31.5	35.6	38.3	41.1	50.1	31.3	28.9	30.6
43	37.4	41.0	36.3	31.9	38.1	35.2	41.0	43.6	41.5	48.3	43.7	40.6	39.3	42.2	45.8	49.2	44.6	50.4	54.1	58.2	70.8	44.3	40.9	43.3
44	40.9	44.9	39.7	34.9	41.6	38.6	44.9	47.7	45.5	52.9	47.8	44.5	43.1	46.2	50.1	53.8	48.8	55.2	59.2	63.7	77.5	48.5	44.8	47.3
45	32.9	36.1	32.0	28.1	33.5	31.0	36.1	38.4	36.6	42.6	38.5	35.8	34.6	37.2	40.3	43.3	39.2	44.4	47.6	51.2	62.4	39.0	36.0	38.1
46	28.5	31.2	27.7	24.3	29.0	26.8	31.3	33.2	31.6	36.8	33.3	31.0	30.0	-32.2	34.9	-37.5	34.0	-38.4	-41.2	-44.3	-54.0	33.7	31.2	33.0
47	18.3	20.1	17.8	15.6	18.6	17.3	20.1	21.4	20.3	23.7	21.4	19.9	19.3	20.7	22.4	24.1	21.8	24.7	26.5	28.5	34.7	21.7	20.0	21.2
48	22.6	24.7	21.9	19.3	23.0	21.2	24.8	26.3	25.0	29.2	26.3	24.5	23.7	25.5	27.6	29.7	26.9	30.4	32.6	35.1	42.7	26.7	24.7	26.1
49	-8.1	-8.9	-7.9	-6.9	-8.2	-7.6	-8.9	-9.5	-9.0	-10.5	-9.5	-8.8	-8.5	-9.2	-9.9	-10.7	-9.7	-10.9	-11.7	-12.6	-15.4	-9.6	-8.9	-9.4
50	27.3	29.9	26.5	23.3	27.8	25.7	30.0	31.9	30.3	35.3	31.9	29.7	28.7	30.9	33.5	35.9	32.6	36.8	39.5	42.5	51.8	32.4	29.9	31.6
51	29.0	31.8	28.2	24.8	29.6	27.4	31.9	33.9	32.3	37.5	33.9	31.6	30.6	32.8	35.6	38.2	34.6	39.2	42.0	45.2	55.0	34.4	31.8	33.6
52	36.9	40.5	35.9	31.5	37.6	34.8	40.5	43.1	41.0	47.8	43.2	40.1	38.9	41.7	45.2	48.6	44.0	49.8	53.5	57.5	70.0	43.8	40.4	42.7
53	31.5	34.6	30.6	26.9	32.1	29.7	34.6	36.8	35.0	40.8	36.8	34.3	33.2	35.6	38.6	41.5	37.6	42.5	45.6	49.1	59.7	37.4	34.5	36.5
54	-14.8	-16.2	-14.4	12.7	-15.1	-14.0	-16.3	-17.3	-16.5	-19.2	-17.3	-16.1	-15.6	-16.7	-18.2	-19.5	-17.7	-20.0	-21.5	-23.1	-28.1	-17.6	-16.2	-17.1
55	16.7	18.3	16.2	14.3	17.0	15.7	-18.3	19.5	18.6	21.6	19.5	-18.2	-17.6	18.9	20.5	22.0	19.9	22.5	-24.2	-26.0	31.7	19.8	18.3	19.3
56	-14.9	16.3	14.4	12.7	15.1	14.0	16.3	17.3	16.5	19.2	17.4	16.1	15.6	16.8	18.2	19.5	0.0	0.0	21.5	23.1	28.1	17.6	16.3	17.2
57	33.0	36.1	32.0	28.2	33.5	31.1	36.2	38.5	36.6	42.6	38.5	35.8	34.7	37.2	40.4	43.4	39.3	44.4	47.7	51.3	62.4	39.1	36.1	38.1
58	31.8	34.8	30.9	27.1	32.3	29.9	34.9	37.1	35.3	41.1	37.1	34.5	33.4	35.9	38.9	41.8	37.9	42.8	46.0	49.4	60.2	37.6	34.8	36.7
59	7.5	8.3	7.3	6.4	7.7	7.1	8.3	8.8	8.4	9.7	8.8	8.2	7.9	8.5	9.2	9.9	9.0	10.2	10.9	11.7	14.3	8.9	8.2	8.7
60	7.0	7.6	6.8	5.9	7.1	6.6	7.6	8.1	7.7	9.0	8.1	7.6	7.3	7.9	8.5	9.2	8.3	9.4	10.1	10.8	13.2	8.2	7.6	8.1
61	0.0	-5.7	-5.1	-4.5	-5.3	-4.9	-5.7	-6.1	-5.8	-6.8	-6.1	-5.7	-5.5	-5.9	-6.4	-6.9	-6.2	-7.1	-7.6	-8.1	-9.9	-6.2	-5.7	-6.1
62	8.2	8.9	7.9	7.0	8.3	7.7	9.0	9.5	9.1	10.5	9.5	8.9	-8.6	9.2	10.0	10.7	9.7	11.0	11.8	12.7	15.4	9.7	8.9	9.4
63	5.5	6.0	5.3	4.7	5.6	5.2	6.0	6.4	6.1	7.1	6.4	6.0	5.8	6.2	6.7	7.2	6.6	7.4	8.0	8.6	10.4	6.5	6.0	6.4
64	4.1	4.5	4.0	3.5	4.2	3.8	4.5	4.8	4.5	5.3	4.8	4.4	4.3	4.6	5.0	5.4	4.9	5.5	5.9	6.4	7.7	4.8	4.5	4.7
65	-1.6	-1.8	-1.6	-1.4	-1.6	-1.5	-1.8	-1.9	-1.8	-2.1	-1.9	-1.8	-1.7	-1.8	-2.0	-2.1	-1.9	-2.2	-2.3	-2.5	-3.1	-1.9	-1.8	-1.9

66	-3.2	-3.5	-3.1	-2.7	-3.3	-3.0	-3.5	0.0	-3.6	-4.2	-3.8	-3.5	-3.4	0.0	-3.9	-4.2	-3.8	-4.3	-4.7	-5.0	-6.1	-3.8	-3.5	-3.7
67	14.9	16.4	14.5	12.7	15.2	14.1	16.4	17.4	16.6	19.3	17.4	16.2	15.7	16.9	18.3	19.6	17.8	20.1	21.6	23.2	28.3	17.7	16.3	17.3
68	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.6	0.4	0.3	0.4
69	-1.9	-2.0	-1.8	-1.6	-1.9	0.0	-2.0	-2.2	-2.1	-2.4	0.0	0.0	-2.0	2.1	2.3	2.4	2.2	2.5	2.7	2.9	3.5	-2.2	0.0	-2.2
70	15.6	17.1	15.2	13.3	15.9	14.7	17.1	18.2	17.3	20.2	18.2	17.0	16.4	17.6	19.1	20.5	18.6	21.0	22.6	24.3	29.6	18.5	17.1	18.0
71	22.3	24.5	21.7	19.1	22.7	21.0	24.5	26.0	24.8	28.9	26.1	24.3	23.5	25.2	27.3	29.4	26.6	30.1	32.3	34.7	42.3	26.4	24.4	25.8
72	38.1	41.8	37.0	32.6	38.8	35.9	41.8	44.5	42.4	-49.3	44.5	41.4	40.1	43.1	46.7	50.2	45.5	51.4	-55.2	-59.3	-72.2	45.2	41.7	44.1
73	30.1	33.0	29.3	25.7	30.7	28.4	33.1	35.1	33.5	38.9	35.2	32.7	31.7	34.0	36.9	39.6	35.9	40.6	-43.6	-46.9	-57.1	35.7	33.0	34.8
74	22.9	25.1	22.2	19.5	23.3	21.6	25.1	26.7	25.4	29.6	26.7	24.9	24.1	25.8	28.0	30.1	27.3	30.8	33.1	35.6	43.3	27.1	25.0	26.5
75	16.8	18.4	16.3	14.4	17.1	15.8	18.5	19.6	18.7	21.7	19.7	18.3	17.7	19.0	20.6	22.1	20.1	22.7	24.3	26.2	31.9	19.9	18.4	19.5
76	45.7	50.1	44.4	39.0	0.0	43.0	50.1	53.3	50.7	59.1	53.4	49.7	48.1	51.6	-56.0	60.1	54.5	-61.6	66.1	71.1	86.5	-54.1	50.0	-52.9
77	7.3	-8.0	7.1	6.2	7.4	6.9	8.0	8.5	8.1	9.4	-8.5	7.9	-7.7	8.2	-8.9	-9.6	-8.7	-9.8	0.0	-11.4	-13.8	-8.6	8.0	8.4
78	9.3	10.2	9.0	7.9	9.5	8.8	10.2	10.8	10.3	12.0	10.9	10.1	9.8	10.5	11.4	12.2	11.1	12.5	13.4	14.4	17.6	11.0	10.2	10.7
79	10.3	11.3	10.0	8.8	10.5	9.7	11.4	12.1	11.5	13.4	12.1	11.2	10.9	11.7	12.7	13.6	12.3	13.9	15.0	16.1	19.6	12.3	11.3	12.0
80	-3.8	0.0	-3.7	0.0	-3.9	-3.6	0.0	-4.4	-4.2	0.0	-4.4	-4.1	0.0	-4.3	-4.7	-5.0	-4.5	-5.1	-5.5	-5.9	-7.2	-4.5	-4.2	-4.4
81	1.9	2.1	1.9	1.7	2.0	1.8	2.1	2.3	2.2	2.5	2.3	2.1	2.1	2.2	2.4	2.6	2.3	2.6	2.8	3.0	3.7	2.3	2.1	2.3
82	-18.2	19.9	17.6	15.5	18.5	-17.1	-19.9	21.2	20.2	23.5	21.2	19.7	19.1	20.5	22.2	23.9	21.6	24.5	-26.3	-28.2	-34.4	21.5	19.9	21.0
83	25.3	27.7	24.6	21.6	25.8	23.9	27.8	29.5	28.1	32.7	29.6	27.5	26.6	28.6	31.0	33.3	30.2	34.1	36.6	39.4	47.9	30.0	27.7	29.3
84	47.1	51.7	45.8	40.3	48.0	44.4	51.7	55.0	52.4	60.9	55.1	51.2	49.6	53.2	57.7	62.0	56.2	63.5	68.2	73.3	89.3	55.8	51.6	54.5
85	33.2	36.4	32.2	28.3	33.8	31.3	36.4	38.7	36.8	42.9	38.8	36.0	34.9	37.5	40.6	43.6	39.5	44.7	48.0	51.6	62.8	39.3	36.3	38.4
86	64.5	70.7	62.6	55.0	65.6	60.7	70.7	75.2	71.6	83.3	75.3	70.1	67.8	72.8	78.9	84.8	76.8	86.9	93.3	100.3	122.1	76.4	70.5	74.6
87	-86.9	-95.2	-84.4	-74.2	-88.4	-81.9	-95.3	-101.3	-96.5	-112.3	-101.5	-94.4	-91.4	-98.1	-106.4	-114.3	-103.6	-117.1	-125.7	-135.1	-164.6	-102.9	-95.1	-100.5
88	35.1	38.5	34.1	30.0	35.8	33.1	38.6	41.0	39.0	45.4	41.1	38.2	37.0	39.7	43.0	46.2	41.9	47.4	50.9	54.7	66.6	41.6	38.5	40.7
89	-29.0	-31.7	-28.1	-24.7	-29.5	-27.3	-31.8	-33.8	-32.2	-37.4	-33.8	-31.5	-30.5	-32.7	-35.5	-38.1	-34.5	-39.0	-41.9	-45.0	-54.8	-34.3	-31.7	-33.5
90	39.4	43.2	38.3	33.6	40.1	37.1	43.2	46.0	43.8	50.9	46.0	42.8	41.5	44.5	48.3	51.8	47.0	53.1	57.0	61.3	74.6	46.7	43.1	45.6
91	44.5	48.7	43.2	38.0	45.2	41.9	48.8	51.9	49.4	57.5	51.9	48.3	46.8	50.2	54.5	58.5	53.0	59.9	64.4	69.2	84.2	52.7	48.6	51.4
92	25.9	28.4	25.2	22.1	26.4	24.4	28.4	30.2	-28.8	-33.5	-30.3	-28.2	-27.3	-29.3	-31.7	-34.1	-30.9	-34.9	-37.5	-40.3	-49.1	-30.7	-28.4	-30.0
93	30.6	33.6	29.7	26.2	31.2	28.9	33.6	35.7	34.0	39.6	35.8	33.3	32.2	34.6	37.5	40.3	36.5	41.3	44.3	47.6	58.0	36.3	33.5	35.4
94	19.5	21.4	19.0	16.7	19.9	18.4	21.5	22.8	21.7	25.3	22.8	21.2	20.6	22.1	23.9	25.7	23.3	26.4	28.3	30.4	37.0	23.2	21.4	22.6
95	22.0	24.1	21.4	18.8	22.4	20.7	24.2	25.7	24.4	28.5	25.7	23.9	23.2	24.9	27.0	29.0	26.2	29.7	31.9	34.2	41.7	26.1	24.1	25.5
96	14.4	15.8	14.0	12.3	14.7	13.6	15.8	16.8	16.0	18.6	16.9	15.7	15.2	16.3	17.7	19.0	17.2	19.4	20.9	22.4	27.3	17.1	15.8	16.7
97	14.9	16.3	14.4	12.7	15.1	14.0	16.3	17.4	16.5	19.2	17.4	16.2	15.7	16.8	18.2	19.6	17.7	20.1	21.5	23.1	28.2	17.6	16.3	17.2
98	20.1	22.0	19.5	17.1	20.4	18.9	22.0	23.4	22.3	25.9	23.4	21.8	21.1	22.7	24.6	26.4	23.9	27.0	29.0	31.2	38.0	23.8	22.0	23.2
99	-24.1	-26.5	-23.4	-20.6	-24.6	-22.7	-26.5	-28.2	-26.8	-31.2	-28.2	-26.2	-25.4	-27.3	-29.6	-31.8	-28.8	-32.5	-34.9	-37.6	-45.7	-28.6	-26.4	-27.9

100	-20.0	-21.9	-19.4	-17.1	-20.4	-18.9	-22.0	-23.3	-22.2	-25.9	-23.4	-21.7	-21.1	-22.6	-24.5	-26.3	-23.9	-27.0	-29.0	-31.1	-37.9	-23.7	-21.9	-23.2
101	33.3	36.5	32.3	28.4	33.9	31.4	36.5	38.8	37.0	43.0	38.9	36.2	35.0	37.6	40.8	43.8	39.7	44.9	48.2	51.8	63.0	39.4	36.4	38.5
102	31.5	34.6	30.6	26.9	32.1	29.7	34.6	36.8	35.0	40.8	36.8	34.3	33.2	35.6	38.6	41.5	37.6	42.5	45.6	49.1	59.7	37.4	34.5	36.5
103	31.4	34.5	30.5	26.8	32.0	29.6	34.5	36.7	34.9	40.6	36.7	34.2	33.1	35.5	38.5	41.4	37.5	42.4	45.5	48.9	59.6	37.2	34.4	36.4
104	-36.5	40.0	35.5	-31.2	37.1	34.4	40.1	42.6	40.5	47.2	42.6	-39.7	38.4	41.2	-44.7	-48.0	-43.5	49.2	52.8	56.8	69.1	43.2	39.9	-42.2
105	37.1	40.7	36.0	31.7	37.8	35.0	40.7	43.3	41.2	-48.0	-43.4	-40.3	39.0	41.9	45.5	48.8	44.2	-50.0	-53.7	-57.7	-70.3	-44.0	-40.6	42.9
106	41.2	45.2	40.0	35.2	41.9	38.8	45.2	48.1	45.8	53.3	48.1	44.8	43.3	46.5	50.5	54.2	49.1	55.5	59.6	64.1	78.0	48.8	45.1	47.7
107	60.4	66.2	58.7	51.6	61.5	56.9	66.3	70.5	67.1	78.1	70.6	65.7	63.6	68.3	74.0	79.5	72.1	81.5	87.5	94.0	114.5	71.6	66.1	69.9
108	51.4	56.3	49.9	43.9	52.3	48.4	56.4	59.9	57.1	66.4	60.0	55.8	54.0	58.0	62.9	67.6	61.2	69.3	74.4	79.9	97.3	60.9	56.2	59.4
109	54.1	59.3	52.5	46.2	55.0	51.0	59.3	63.1	60.1	69.9	63.2	58.8	56.9	61.1	66.2	71.1	64.5	72.9	78.3	84.1	102.4	64.1	59.2	62.6
110	53.3	58.4	51.8	45.5	54.2	50.2	58.5	62.2	59.2	68.9	62.2	57.9	56.1	60.2	65.3	70.1	63.5	71.8	77.1	82.9	100.9	63.1	58.3	61.6
111	72.3	79.3	70.2	61.7	73.6	68.1	79.4	-84.3	-80.3	-93.5	-84.5	-78.6	76.1	81.7	88.6	95.1	86.2	97.5	104.6	112.5	137.0	85.6	79.1	83.6
112	75.8	83.1	-73.6	-64.7	-77.1	71.4	83.2	88.4	84.2	98.0	88.5	-82.4	-79.7	85.6	92.8	99.7	90.4	102.2	109.7	117.9	143.6	89.8	-82.9	-87.7
113	22.5	24.6	21.8	19.2	22.9	21.2	-24.7	-26.2	-25.0	-29.1	-26.3	-24.4	-23.7	-25.4	-27.5	-29.6	-26.8	-30.3	-32.5	-35.0	-42.6	-26.6	-24.6	-26.0
114	32.2	35.3	31.3	27.5	32.8	30.3	35.3	37.6	35.8	41.6	37.6	35.0	33.9	36.4	39.4	42.4	38.4	43.4	46.6	50.1	61.0	38.2	35.2	37.3
115	32.5	35.6	31.6	27.8	33.1	30.6	35.7	37.9	36.1	42.0	38.0	35.3	34.2	36.7	39.8	42.8	38.7	43.8	47.0	50.6	61.6	38.5	35.6	37.6
116	30.6	33.6	29.7	26.1	31.2	28.8	33.6	35.7	34.0	39.6	35.8	33.3	32.2	34.6	37.5	40.3	36.5	41.3	44.3	47.6	58.0	36.3	33.5	35.4
117	52.9	57.9	51.3	45.1	53.8	49.8	58.0	61.7	58.7	68.3	61.8	57.5	55.6	59.7	64.7	69.5	63.0	71.3	76.5	82.2	100.1	62.6	57.8	61.2
118	-5.2	-4.2	-18.6	-3.3	46.5	-1.8	-4.2	-3.8	-26.0	-4.9	-2.2	-2.0	-4.0	-3.6	-21.1	-22.7	17.7	20.0	-10.6	32.2	39.2	-25.8	-2.0	23.9

Precios expresados en pesos mexicanos (M.N.) no se presenta congestión durante todo el día.

APÉNDICE G “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 1”.

Tabla G. 1 Precios marginales locales caso de estudio 1

Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML
1	1009.6	40.9	217.6	1268.1	41	1009.6	35.1	171.5	1216.1	81	1009.6	2.1	-317.2	694.4
2	1009.6	38.6	217.9	1266.1	42	1009.6	29.0	168.2	1206.8	82	1009.6	19.9	10814.5	11844.0
3	1009.6	34.8	217.5	1261.9	43	1009.6	41.0	177.2	1227.7	83	1009.6	27.7	12893.0	13930.3
4	1009.6	22.7	216.9	1249.2	44	1009.6	44.9	175.7	1230.1	84	1009.6	51.7	16112.8	17174.0
5	1009.6	21.1	216.9	1247.5	45	1009.6	36.1	175.2	1220.9	85	1009.6	36.4	17676.3	18722.2
6	1009.6	27.8	217.5	1254.8	46	1009.6	31.2	185.2	1226.0	86	1009.6	70.7	17676.3	18756.5
7	1009.6	28.2	217.7	1255.5	47	1009.6	20.1	207.6	1237.3	87	1009.6	-95.2	17676.3	18590.6
8	1009.6	19.0	215.7	1244.2	48	1009.6	24.7	165.7	1200.0	88	1009.6	38.5	20566.9	21615.0
9	1009.6	21.3	215.7	1246.6	49	1009.6	-8.9	160.5	1161.2	89	1009.6	-31.7	22584.7	23562.5
10	1009.6	-23.8	215.7	1201.4	50	1009.6	29.9	151.1	1190.6	90	1009.6	43.2	23034.6	24087.4
11	1009.6	25.6	217.8	1253.0	51	1009.6	31.8	139.8	1181.1	91	1009.6	48.7	23612.1	24670.4
12	1009.6	-25.6	218.1	1202.0	52	1009.6	40.5	137.0	1187.0	92	1009.6	28.4	24490.7	25528.7
13	1009.6	39.6	218.3	1267.4	53	1009.6	34.6	129.2	1173.3	93	1009.6	33.6	23900.4	24943.5
14	1009.6	37.8	218.7	1266.0	54	1009.6	-16.2	123.4	1116.7	94	1009.6	21.4	23390.8	24421.8
15	1009.6	21.6	220.3	1251.4	55	1009.6	18.3	120.7	1148.6	95	1009.6	24.1	19064.0	20097.7
16	1009.6	34.7	220.3	1264.6	56	1009.6	16.3	122.2	1148.1	96	1009.6	15.8	13610.7	14636.0
17	1009.6	16.8	225.1	1251.5	57	1009.6	36.1	134.3	1180.0	97	1009.6	16.3	6551.5	7577.4
18	1009.6	23.6	224.0	1257.2	58	1009.6	34.8	132.3	1176.7	98	1009.6	22.0	12570.3	13601.9
19	1009.6	23.2	223.0	1255.7	59	1009.6	8.3	91.1	1109.0	99	1009.6	-26.5	-81992.7	-81009.6
20	1009.6	37.6	249.6	1296.7	60	1009.6	7.6	79.5	1096.7	100	1009.6	-21.9	34893.3	35880.9
21	1009.6	41.7	268.9	1320.1	61	1009.6	-5.7	77.9	1081.8	101	1009.6	36.5	30429.4	31475.5
22	1009.6	40.0	291.0	1340.6	62	1009.6	8.9	81.6	1100.1	102	1009.6	34.6	26467.9	27512.0
23	1009.6	22.5	327.2	1359.2	63	1009.6	6.0	77.1	1092.7	103	1009.6	34.5	34893.3	35937.3
24	1009.6	24.4	387.7	1421.6	64	1009.6	4.5	69.8	1083.8	104	1009.6	40.0	34893.3	35942.8
25	1009.6	-20.7	281.1	1270.0	65	1009.6	-1.8	49.7	1057.5	105	1009.6	40.7	34893.3	35943.5
26	1009.6	-18.9	260.3	1251.0	66	1009.6	-3.5	96.3	1102.4	106	1009.6	45.2	34893.3	35948.0
27	1009.6	31.5	276.0	1317.0	67	1009.6	16.4	89.5	1115.4	107	1009.6	66.2	34893.2	35969.0
28	1009.6	40.8	270.2	1320.5	68	1009.6	0.3	0.0	1009.9	108	1009.6	56.3	34893.3	35959.2
29	1009.6	40.3	263.8	1313.6	69	1009.6	-2.0	466.2	1473.7	109	1009.6	59.3	34893.3	35962.1
30	1009.6	14.0	213.6	1237.1	70	1009.6	17.1	640.9	1667.6	110	1009.6	58.4	34893.3	35961.2
31	1009.6	35.2	261.6	1306.3	71	1009.6	24.5	619.1	1653.1	111	1009.6	79.3	34893.3	35982.1
32	1009.6	28.9	277.8	1316.3	72	1009.6	41.8	508.3	1559.7	112	1009.6	-83.1	34893.3	35819.7
33	1009.6	34.4	199.9	1243.9	73	1009.6	33.0	619.1	1661.7	113	1009.6	24.6	232.0	1266.1
34	1009.6	14.5	178.1	1202.2	74	1009.6	25.1	795.8	1830.4	114	1009.6	35.3	277.1	1321.9
35	1009.6	18.8	177.5	1205.9	75	1009.6	18.4	843.4	1871.3	115	1009.6	35.6	276.9	1322.1
36	1009.6	0.0	0.0	1009.6	76	1009.6	50.1	1102.6	2162.2	116	1009.6	33.6	965.0	2008.1
37	1009.6	12.6	176.7	1198.8	77	1009.6	-8.0	1476.9	2478.4	117	1009.6	57.9	218.1	1285.6
38	1009.6	9.9	165.7	1185.2	78	1009.6	10.2	1202.1	2221.8	118	1009.6	18.9	177.7	1206.1
39	1009.6	29.5	174.1	1213.1	79	1009.6	11.3	661.5	1682.3					
40	1009.6	27.9	172.6	1210.1	80	1009.6	-4.2	-898.4	107.0					

Precios en M.N.

APÉNDICE H “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 2”.

Tabla H. 1 Precios marginales locales totales caso de estudio 2

Nodo	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4	Sim 5	Sim 6	Sim 7	Sim 8	Sim 9	Sim 10	Sim 11
1	3427.7	4536.2	4104.9	2881.8	3347.1	2255.6	2202.7	2202.7	2184.6	2054.9	2054.9
2	3427.4	4536.9	4105.4	2881.3	3347.0	2254.2	2201.2	2201.2	2183.2	2053.3	2053.3
3	3418.8	4526.2	4095.6	2873.9	3338.7	2248.0	2195.1	2195.1	2177.1	2047.5	2047.5
4	3397.6	4501.2	4072.5	2855.2	3318.4	2230.9	2178.2	2178.2	2160.5	2031.3	2031.3
5	3394.6	4497.6	4069.2	2852.7	3315.6	2228.6	2175.8	2175.8	2158.3	2029.1	2029.1
6	3409.1	4515.6	4085.7	2865.2	3329.6	2239.4	2186.5	2186.5	2168.7	2039.2	2039.2
7	3412.0	4519.6	4089.3	2867.5	3332.4	2241.0	2188.1	2188.1	2170.3	2040.6	2040.6
8	3381.0	4478.5	4052.1	2841.5	3302.1	2220.7	2168.3	2168.3	2150.7	2022.2	2022.2
9	3384.1	4481.7	4055.1	2844.3	3305.0	2223.5	2171.1	2171.1	2153.4	2024.9	2024.9
10	3325.6	4419.5	3996.7	2791.4	3250.3	2170.3	2117.8	2117.8	2101.4	1973.2	1973.2
11	3409.1	4516.8	4086.6	2864.9	3329.8	2238.2	2185.2	2185.2	2167.6	2037.9	2037.9
12	3346.0	4451.0	4024.5	2807.5	3270.9	2179.3	2126.2	2126.2	2110.0	1980.5	1980.5
13	3432.6	4544.1	4111.9	2885.5	3352.1	2257.3	2204.2	2204.2	2186.2	2056.1	2056.1
14	3433.5	4546.5	4113.8	2886.0	3353.2	2256.8	2203.6	2203.6	2185.7	2055.4	2055.4
15	3427.7	4546.8	1333.8	2879.2	3348.8	2245.2	2191.6	2191.6	2174.2	2043.1	2043.1
16	3445.3	4565.7	4130.7	2895.0	3365.2	2260.9	2207.3	2207.3	2189.5	2058.3	2058.3
17	3467.9	4609.4	4168.3	2910.6	3389.5	2262.3	2207.4	2207.4	2190.4	2056.7	2056.7
18	3466.1	4603.1	4163.1	2910.2	3387.1	2265.1	2210.6	2210.6	2193.3	2060.1	2060.1
19	3455.4	4587.2	4149.0	2901.5	3376.3	2259.6	2205.4	2205.4	2188.0	2055.5	2055.5
20	3727.1	4985.0	4503.5	3120.6	3647.7	2401.0	2340.1	2340.1	2323.8	2176.2	2176.2
21	3916.0	5265.0	4752.6	3272.2	3836.9	2496.1	2430.4	2430.4	2415.1	2256.6	2256.6
22	4123.7	5576.1	5029.0	3438.0	4045.4	2597.3	2526.1	2526.1	2512.0	2341.2	2341.2
23	4445.0	6065.7	5462.8	3692.5	4369.2	2745.7	2665.5	2665.5	2653.9	2462.9	2462.9
24	5023.0	6927.9	6229.2	4154.8	4948.9	3030.9	2935.6	2935.6	2927.2	2702.4	2702.4
25	3951.5	5352.6	4826.1	3292.2	3877.9	2479.7	2410.9	2410.9	2398.0	2233.1	2233.1
26	3756.3	5060.1	4566.3	3136.4	3681.9	2384.7	2321.1	2321.1	2307.0	2153.8	2153.8
27	3970.5	5352.0	4829.2	3314.4	3892.4	2517.4	2449.9	2449.9	2435.2	2272.9	2272.9
28	3927.3	5282.4	4768.0	3281.2	3848.3	2501.2	2435.2	2435.2	2419.9	2260.7	2260.7
29	3865.8	5190.8	4686.6	3231.9	3786.6	2470.7	2406.2	2406.2	2390.7	2235.1	2235.1
30	3354.0	4441.0	4018.4	2819.2	3275.5	2204.8	2152.8	2152.8	2135.3	2008.0	2008.0
31	3837.9	5151.9	4651.7	3208.9	3759.1	2454.2	2390.3	2390.3	2374.7	2220.4	2220.4
32	3984.4	5374.3	4848.8	3325.2	3906.6	2522.8	2454.9	2454.9	2440.4	2277.0	2277.0
33	3250.7	4275.3	3872.6	2739.5	3170.1	2165.1	2116.6	2116.6	2097.7	1978.0	1978.0
34	3018.1	3938.9	3572.3	2550.8	2938.4	2039.9	1996.8	1996.8	1977.3	1869.8	1869.8
35	3017.6	3935.8	3569.8	2551.0	2937.6	2042.0	1999.1	1999.1	1979.4	1872.3	1872.3
36	3019.4	3938.4	3572.1	2552.4	2939.4	2042.9	2000.0	2000.0	1980.3	1873.1	1873.1
37	3001.4	3915.1	3551.0	2537.2	2921.9	2030.7	1987.9	1987.9	1968.4	1861.8	1861.8
38	2894.2	3756.4	3409.8	2451.1	2814.6	1976.5	1936.5	1936.5	1916.5	1816.0	1816.0
39	2999.1	3902.2	3540.7	2537.6	2918.1	2038.7	1996.6	1996.6	1976.5	1871.2	1871.2
40	2983.1	3879.3	3520.2	2524.7	2902.2	2030.0	1988.3	1988.3	1968.1	1863.7	1863.7

Tabla H. 2 Precios marginales locales totales caso de estudio 2 (continuación)

Nodo	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4	Sim 5	Sim 6	Sim 7	Sim 8	Sim 9	Sim 10	Sim 11
41	2981.3	3872.6	3514.8	2524.2	2899.8	2033.0	1991.6	1991.6	1971.1	1867.3	1867.3
42	2942.7	3818.3	3466.1	2492.5	2861.6	2010.7	1970.1	1970.1	1949.6	1847.6	1847.6
43	3043.1	3961.6	3594.3	2574.4	2961.3	2066.6	2023.8	2023.8	2003.5	1896.4	1896.4
44	3034.4	3946.5	3581.1	2567.9	2952.2	2064.4	2022.0	2022.0	2001.5	1895.2	1895.2
45	3018.3	3927.3	3563.5	2553.9	2936.8	2051.8	2009.4	2009.4	1989.1	1883.2	1883.2
46	3106.7	4062.0	3682.9	2623.9	3025.9	2092.6	2047.7	2047.7	2028.1	1916.6	1916.6
47	3305.5	4365.2	3951.5	2781.3	3226.3	2184.3	2133.8	2133.8	2115.8	1991.8	1991.8
48	2913.0	3776.3	3428.5	2468.2	2832.2	1993.8	1953.8	1953.8	1933.3	1832.8	1832.8
49	2820.0	3656.1	3319.3	2389.3	2741.8	1929.8	1891.1	1891.1	1871.3	1773.9	1773.9
50	2780.8	3576.0	3250.8	2363.2	2699.1	1931.6	1895.3	1895.3	1873.9	1781.5	1781.5
51	2675.6	3417.8	3110.4	2279.4	2593.4	1880.9	1847.5	1847.5	1825.3	1739.3	1739.3
52	2660.3	3390.1	3086.4	2268.3	2577.2	1878.1	1845.3	1845.3	1822.8	1738.3	1738.3
53	2578.9	3271.9	2980.9	2202.4	2496.1	1834.9	1804.0	1804.0	1781.3	1701.1	1701.1
54	2500.2	3164.5	2884.2	2137.1	2418.8	1786.3	1756.8	1718.5	1696.8	1620.3	1620.3
55	2477.4	3129.3	2853.0	2119.1	2395.7	1776.2	1747.4	1747.4	1724.6	1649.3	1649.3
56	2489.0	3147.7	2869.3	2128.1	2407.5	1780.8	1751.6	1751.6	1729.0	1652.9	1652.9
57	2629.5	3346.5	3047.4	2243.1	2546.7	1860.6	1828.5	1828.5	1806.0	1722.9	1722.9
58	2608.4	3315.8	3020.0	2226.1	2525.7	1849.5	1817.9	1817.9	1795.3	1713.4	1713.4
59	2183.0	2695.2	2466.6	1882.4	2101.3	1626.0	1604.6	1604.6	1580.5	1521.8	1521.8
60	2071.7	2529.3	2319.2	1793.4	1989.7	1570.9	1552.4	1552.4	1527.7	1475.6	1475.6
61	2039.4	2488.4	2281.9	1765.7	1958.4	1547.8	1529.6	1529.6	1505.2	1454.1	1454.1
62	2093.3	2560.8	2347.2	1810.8	2011.2	1582.2	1563.2	1563.2	1538.6	1485.2	1485.2
63	2046.6	2492.7	2286.5	1773.1	1964.6	1557.7	1539.8	1539.8	1515.0	1464.2	1464.2
64	1975.4	2387.2	2192.6	1716.0	1893.3	1521.9	1505.8	1505.8	1480.6	1433.9	1433.9
65	1775.9	2092.6	1930.4	1555.6	1693.7	1420.4	1409.3	1409.3	1383.2	1347.8	1347.8
66	2217.1	2752.7	2516.9	1908.1	2136.5	1636.4	1613.7	1613.7	1590.2	1528.7	1528.7
67	2177.8	2682.9	2456.2	1879.4	2095.3	1627.8	1606.8	1606.8	1582.4	1524.6	1524.6
68	1306.3	1390.1	1306.3	1180.5	1222.5	1190.7	1192.0	1192.0	1163.2	1155.6	1155.6
69	5734.9	8005.9	7185.3	4720.3	5665.4	3366.6	3251.6	3251.6	3248.3	2979.7	2979.7
70	7420.8	10513.2	9414.7	6070.5	7354.9	4205.8	4047.2	4047.2	4052.9	3686.4	3686.4
71	7222.6	10213.2	9148.6	5913.1	7155.5	4112.4	3959.3	3959.3	3963.6	3609.2	3609.2
72	6192.1	8664.4	7773.5	5091.7	6120.2	3615.2	3489.7	3489.7	3487.5	3195.0	3195.0
73	7233.7	10225.0	9159.7	5923.1	7165.9	4122.5	3969.4	3969.4	3973.4	3619.0	3619.0
74	8903.6	12723.4	11379.4	7256.9	8841.7	4939.1	4741.9	4741.9	4755.8	4302.5	4302.5
75	9346.8	13389.2	11970.5	7610.3	9287.0	5153.4	4944.4	4944.4	4961.1	4481.2	4481.2
76	11852.0	17113.2	15282.2	9617.1	11797.3	6402.2	6128.5	6128.5	6158.5	5533.2	5533.2
77	15334.7	22347.2	19929.3	12393.3	15296.2	8082.8	7715.7	7715.7	7767.8	6933.4	6933.4
78	12746.5	18471.3	16486.3	10326.7	12698.1	6820.3	6521.7	6521.7	6558.2	5877.6	5877.6
79	7608.5	10796.8	9666.3	6219.8	7543.7	4294.9	4131.3	4131.3	4138.2	3760.2	3760.2
80	-7239.4	-11371.0	-10034.3	-5651.3	-7350.1	-3013.1	-2787.6	-2787.6	-2865.4	-2370.0	-2370.0
81	-1707.2	-3111.7	-2694.1	-1228.1	-1800.7	-289.9	-209.4	-209.4	-255.6	-85.6	-85.6
82	104084.6	154907.9	137729.1	83335.3	104329.5	51708.0	49011.3	49011.3	49573.5	43556.9	43556.9

Tabla H. 3 Precios marginales locales totales caso de estudio 2 (continuación)

Nodo	Sim 1	Sim 2	Sim 3	Sim 4	Sim 5	Sim 6	Sim 7	Sim 8	Sim 9	Sim 10	Sim 11
83	123904.5	184483.9	164015.3	99185.1	124208.3	61477.8	58262.7	58262.7	58937.0	51710.8	51710.8
84	154542.9	230231.2	204670.5	123679.7	154942.0	76553.4	72535.1	72535.1	73384.5	64355.5	64355.5
85	169386.2	252409.2	224378.0	135542.8	169833.9	83842.3	79434.0	79434.0	80369.2	70464.9	70464.9
86	169430.7	252456.6	224422.6	135583.0	169875.5	83882.8	79474.5	79474.5	80408.8	70504.2	70504.2
87	169216.0	252228.0	224207.8	135388.9	169674.6	83687.2	79278.7	79278.7	80217.6	70314.4	70314.4
88	196867.8	293453.6	260852.6	157511.0	197402.7	97354.1	92224.6	92224.7	93317.6	81795.0	81795.0
89	215958.2	322005.6	286220.4	172761.7	216560.0	106701.3	101068.3	101068.4	102273.5	89621.7	89621.7
90	220332.4	328497.0	291994.3	176268.4	220941.5	108892.4	103147.3	103147.3	104374.8	91470.6	91470.6
91	225828.9	336703.5	299287.4	180662.8	226455.1	111597.6	105708.5	105708.5	106967.4	93739.8	93739.8
92	234154.8	349149.9	310346.6	187315.5	234809.2	115679.8	109571.4	109571.4	110878.9	97159.5	97159.5
93	228549.7	340775.5	302905.0	182835.7	229185.8	112927.1	106965.9	106965.9	108241.0	94852.1	94852.1
94	223690.0	333523.9	296460.0	178949.4	224311.7	110531.2	104697.3	104697.3	105945.0	92841.4	92841.4
95	182562.5	272095.7	241871.7	146073.8	183053.2	90313.5	85558.9	85558.9	86570.2	75889.1	75889.1
96	130711.2	194656.9	173054.7	104624.5	131037.7	64817.7	61423.5	61423.5	62137.3	54509.5	54509.5
97	63606.8	94431.4	83988.9	50983.6	63719.7	31827.8	30194.7	30194.7	30523.1	26847.4	26847.4
98	120829.5	179894.3	159936.3	96726.3	121124.0	59962.9	56828.3	56828.3	57485.2	50439.7	50439.7
99	-778163.4	-1162787.7	-1033247.3	-621904.7	-780724.4	-382029.9	-361573.6	-361573.7	-366078.4	-320180.5	-320180.5
100	332978.1	496777.3	441532.8	266304.7	333951.2	164236.4	155532.7	155532.8	157409.6	137866.6	137866.6
101	290619.9	433479.9	385287.4	232452.8	291453.1	143443.8	135853.9	135853.9	137485.3	120440.9	120440.9
102	252958.6	377231.3	335301.7	202347.5	253672.2	124927.5	118325.9	118325.9	119741.2	104914.8	104914.8
103	333051.4	496855.4	441606.2	266370.8	334019.7	164303.0	155599.5	155599.5	157474.8	137931.2	137931.2
104	332954.7	496752.4	441509.4	266283.6	333929.3	164215.1	155511.4	155511.5	157388.8	137845.9	137845.9
105	333059.3	496863.8	441614.1	266378.0	334027.1	164310.2	155606.7	155606.8	157481.8	137938.2	137938.2
106	333065.2	496870.2	441620.0	266383.4	334032.6	164315.6	155612.1	155612.1	157487.1	137943.5	137943.5
107	333091.3	496897.4	441645.8	266407.1	334057.1	164339.9	155636.4	155636.5	157510.8	137967.1	137967.1
108	333079.7	496885.6	441634.6	266396.5	334046.3	164328.9	155625.3	155625.4	157499.9	137956.2	137956.2
109	333083.6	496889.7	441638.5	266400.0	334049.9	164332.4	155628.8	155628.9	157503.3	137959.6	137959.6
110	333082.2	496888.2	441637.0	266398.7	334048.6	164331.1	155627.6	155627.7	157502.2	137958.5	137958.5
111	333109.2	496916.9	441664.0	266423.1	334073.8	164355.7	155652.3	155652.4	157526.3	137982.4	137982.4
112	332899.0	496693.1	441453.7	266233.3	333877.2	164164.3	155460.6	155460.7	157339.2	137796.6	137796.6
113	3542.7	4716.9	4264.4	2971.6	3463.9	2303.3	2246.8	2246.8	2230.0	2092.3	2092.3
114	3985.4	5372.2	4847.4	3326.9	3907.1	2526.8	2459.0	2459.0	2444.3	2281.4	2281.4
115	3984.6	5370.8	4846.2	3326.3	3906.2	2526.6	2458.8	2458.8	2444.1	2281.2	2281.2
116	10522.8	15137.2	13525.0	8552.4	10465.4	5739.8	5500.4	5500.4	5523.3	4975.2	4975.2
117	3454.2	4566.1	4132.7	2905.2	3372.1	2277.9	2224.9	2224.9	2206.3	2076.2	2076.2
118	1305.9	1389.7	1305.9	1180.2	1222.1	1190.3	1191.6	1191.6	1162.8	1155.2	1155.2

Precios en M.N.

APÉNDICE I “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 3”.

Tabla I. 1 Precios marginales locales caso 3

Nodo	Energía	Perdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Perdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Perdidas	Congestión	PML
1	1358.6	55.0	23.6	1437.2	41	1358.6	47.2	-73.6	1332.3	81	1358.6	2.9	0.9	1362.4
2	1358.6	51.9	24.8	1435.3	42	1358.6	39.0	-46.9	1350.7	82	1358.6	26.8	3.0	1388.4
3	1358.6	46.9	23.1	1428.6	43	1358.6	55.2	391.7	1805.5	83	1358.6	37.3	3.0	1399.0
4	1358.6	30.5	20.6	1409.8	44	1358.6	60.4	182.4	1601.4	84	1358.6	69.5	2.9	1431.1
5	1358.6	28.4	20.2	1407.2	45	1358.6	48.6	105.4	1512.6	85	1358.6	48.9	2.9	1410.5
6	1358.6	37.4	22.8	1418.8	46	1358.6	-42.0	54.3	1370.9	86	1358.6	95.1	2.9	1456.6
7	1358.6	38.0	23.8	1420.5	47	1358.6	27.0	26.1	1411.8	87	1358.6	-128.2	2.9	1233.4
8	1358.6	25.5	14.8	1399.0	48	1358.6	33.3	24.8	1416.7	88	1358.6	51.8	2.9	1413.3
9	1358.6	28.7	14.8	1402.2	49	1358.6	-12.0	17.0	1363.6	89	1358.6	-42.7	2.8	1318.8
10	1358.6	-32.1	14.8	1341.4	50	1358.6	40.3	15.3	1414.2	90	1358.6	58.1	2.8	1419.6
11	1358.6	34.5	24.6	1417.7	51	1358.6	42.9	13.2	1414.7	91	1358.6	65.6	2.8	1427.0
12	1358.6	-34.5	25.5	1349.6	52	1358.6	54.5	12.7	1425.9	92	1358.6	-38.2	2.8	1323.2
13	1358.6	53.2	30.1	1442.0	53	1358.6	46.5	11.4	1416.5	93	1358.6	45.2	2.8	1406.6
14	1358.6	50.9	31.7	1441.2	54	1358.6	-21.9	10.3	1347.1	94	1358.6	28.8	2.8	1390.2
15	1358.6	29.1	48.6	1436.3	55	1358.6	24.6	9.8	1393.1	95	1358.6	32.5	2.8	1393.9
16	1358.6	46.7	28.6	1433.9	56	1358.6	21.9	10.1	1390.7	96	1358.6	21.3	2.8	1382.7
17	1358.6	22.6	35.1	1416.3	57	1358.6	48.6	12.3	1419.5	97	1358.6	21.9	2.6	1383.2
18	1358.6	-31.8	63.7	1390.6	58	1358.6	46.9	11.9	1417.4	98	1358.6	29.6	2.6	1390.8
19	1358.6	31.2	91.6	1481.4	59	1358.6	11.1	4.5	1374.3	99	1358.6	-35.6	2.6	1325.7
20	1358.6	50.6	75.1	1484.3	60	1358.6	10.3	2.4	1371.3	100	1358.6	-29.5	2.7	1331.8
21	1358.6	56.1	63.2	1477.9	61	1358.6	-7.7	2.2	1353.1	101	1358.6	49.1	2.8	1410.5
22	1358.6	53.9	49.6	1462.1	62	1358.6	12.0	2.8	1373.5	102	1358.6	46.5	2.8	1407.9
23	1358.6	30.2	27.3	1416.1	63	1358.6	8.1	2.0	1368.7	103	1358.6	46.4	2.7	1407.7
24	1358.6	-32.8	23.8	1349.7	64	1358.6	6.0	0.7	1365.4	104	1358.6	-53.8	2.7	1307.5
25	1358.6	-27.9	20.6	1351.3	65	1358.6	-2.4	-2.9	1353.3	105	1358.6	54.7	2.7	1416.1
26	1358.6	-25.4	15.7	1348.9	66	1358.6	-4.7	5.5	1359.3	106	1358.6	60.8	2.7	1422.1
27	1358.6	42.4	27.5	1428.5	67	1358.6	22.0	4.2	1384.9	107	1358.6	89.2	2.7	1450.5
28	1358.6	54.8	28.7	1442.2	68	1358.6	0.5	0.0	1359.1	108	1358.6	75.8	2.7	1437.1
29	1358.6	54.2	30.0	1442.9	69	1358.6	2.7	5.1	1366.5	109	1358.6	79.8	2.7	1441.1
30	1358.6	18.8	4.8	1382.2	70	1358.6	0.0	0.0	1358.6	110	1358.6	78.6	2.7	1439.9
31	1358.6	47.3	30.5	1436.4	71	1358.6	32.9	10.6	1402.1	111	1358.6	106.7	2.7	1468.0
32	1358.6	-38.9	28.9	1348.6	72	1358.6	56.3	16.9	1431.8	112	1358.6	-111.8	2.7	1249.5
33	1358.6	46.4	-28.4	1376.6	73	1358.6	44.4	10.6	1413.6	113	1358.6	-33.2	34.4	1359.8
34	1358.6	19.5	535.2	1913.3	74	1358.6	33.7	7.1	1399.5	114	1358.6	47.5	28.3	1434.4
35	1358.6	25.3	-3692.4	-2308.5	75	1358.6	24.8	6.4	1389.9	115	1358.6	47.9	28.2	1434.8
36	1358.6	-25.4	2463.6	3796.8	76	1358.6	67.4	5.2	1431.2	116	1358.6	45.2	5.9	1409.7
37	1358.6	16.9	-116.3	1259.3	77	1358.6	-10.8	3.5	1351.3	117	1358.6	78.0	25.5	1462.1
38	1358.6	13.4	-55.0	1317.0	78	1358.6	13.7	3.3	1375.7	118	1358.6	23.0	9.3	1391.0
39	1358.6	39.7	-95.2	1303.1	79	1358.6	15.3	3.1	1377.0					
40	1358.6	37.6	-83.2	1313.0	80	1358.6	5.6	2.5	1366.7					

Precios en M.N.

APÉNDICE J “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 4”.

Tabla J. 1 Precios marginales locales caso 4

Nodo	Energía	Perdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Perdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Perdidas	Congestión	PML
1	1065.6	43.1	-4.5	1104.2	41	1065.6	37.0	-3.6	1099.0	81	1065.6	2.3	6.6	1074.4
2	1065.6	40.7	-4.5	1101.8	42	1065.6	30.6	-3.5	1092.7	82	1065.6	21.0	-224.5	862.1
3	1065.6	36.7	-4.5	1097.8	43	1065.6	43.3	-3.7	1105.1	83	1065.6	29.3	-210.4	884.4
4	1065.6	23.9	-4.5	1085.0	44	1065.6	47.3	-3.6	1109.3	84	1065.6	54.5	-188.6	931.5
5	1065.6	22.3	-4.5	1083.3	45	1065.6	38.1	-3.6	1100.0	85	1065.6	38.4	-178.0	925.9
6	1065.6	29.3	-4.5	1090.4	46	1065.6	-33.0	-3.8	1028.8	86	1065.6	74.6	-178.0	962.1
7	1065.6	29.8	-4.5	1090.9	47	1065.6	21.2	-4.3	1082.5	87	1065.6	-100.5	-178.0	787.1
8	1065.6	20.0	-4.5	1081.1	48	1065.6	26.1	-3.4	1088.2	88	1065.6	40.7	-158.4	947.8
9	1065.6	22.5	-4.5	1083.6	49	1065.6	-9.4	-3.3	1052.9	89	1065.6	-33.5	-144.7	887.3
10	1065.6	-25.2	-4.5	1035.9	50	1065.6	31.6	-3.1	1094.0	90	1065.6	45.6	-141.7	969.5
11	1065.6	27.1	-4.5	1088.1	51	1065.6	33.6	-2.9	1096.3	91	1065.6	51.4	-137.8	979.2
12	1065.6	-27.0	-4.5	1034.0	52	1065.6	42.7	-2.8	1105.5	92	1065.6	-30.0	-131.8	903.8
13	1065.6	41.7	-4.5	1102.8	53	1065.6	36.5	-2.7	1099.4	93	1065.6	35.4	-427.2	673.8
14	1065.6	39.9	-4.5	1100.9	54	1065.6	-17.1	-2.6	1045.9	94	1065.6	22.6	-682.2	406.0
15	1065.6	22.8	-4.6	1083.8	55	1065.6	19.3	-2.5	1082.4	95	1065.6	25.5	-542.0	549.0
16	1065.6	36.7	-4.6	1097.6	56	1065.6	17.2	-2.5	1080.2	96	1065.6	16.7	-365.3	716.9
17	1065.6	17.7	-4.7	1078.6	57	1065.6	38.1	-2.8	1100.9	97	1065.6	17.2	-178.5	904.3
18	1065.6	-24.9	-4.7	1036.0	58	1065.6	36.7	-2.7	1099.6	98	1065.6	23.2	369.4	1458.2
19	1065.6	24.5	-4.6	1085.4	59	1065.6	8.7	-1.9	1072.4	99	1065.6	-27.9	687.1	1724.7
20	1065.6	39.7	-5.2	1100.1	60	1065.6	8.1	-1.7	1072.0	100	1065.6	-23.2	950.9	1993.3
21	1065.6	44.0	-5.6	1104.0	61	1065.6	-6.1	-1.6	1057.9	101	1065.6	38.5	486.3	1590.3
22	1065.6	42.2	-6.0	1101.8	62	1065.6	9.4	-1.7	1073.3	102	1065.6	36.5	74.0	1176.0
23	1065.6	23.7	-6.8	1082.5	63	1065.6	6.4	-1.6	1070.3	103	1065.6	36.4	950.9	2052.8
24	1065.6	-25.7	-8.0	1031.8	64	1065.6	4.7	-1.4	1068.8	104	1065.6	-42.2	950.9	1974.2
25	1065.6	-21.9	-5.8	1037.9	65	1065.6	-1.9	-1.0	1062.7	105	1065.6	42.9	950.9	2059.4
26	1065.6	-19.9	-5.4	1040.2	66	1065.6	0.0	0.0	1065.6	106	1065.6	47.7	950.9	2064.1
27	1065.6	33.2	-5.7	1093.1	67	1065.6	17.3	-1.9	1081.0	107	1065.6	69.9	950.9	2086.4
28	1065.6	43.0	-5.6	1103.0	68	1065.6	0.4	0.0	1065.9	108	1065.6	59.4	950.9	2075.9
29	1065.6	42.5	-5.5	1102.6	69	1065.6	2.2	-9.7	1058.0	109	1065.6	62.6	950.9	2079.0
30	1065.6	14.7	-4.4	1075.9	70	1065.6	18.1	-13.3	1070.3	110	1065.6	61.6	950.9	2078.1
31	1065.6	37.1	-5.4	1097.2	71	1065.6	25.8	-12.9	1078.5	111	1065.6	83.6	950.9	2100.1
32	1065.6	30.5	-5.8	1090.3	72	1065.6	44.1	-10.6	1099.1	112	1065.6	-87.7	950.9	1928.7
33	1065.6	36.4	-4.1	1097.8	73	1065.6	34.8	-12.9	1087.6	113	1065.6	-26.0	-4.8	1034.7
34	1065.6	15.3	-3.7	1077.1	74	1065.6	26.5	-16.5	1075.5	114	1065.6	37.3	-5.8	1097.1
35	1065.6	19.8	-3.7	1081.7	75	1065.6	19.5	-17.5	1067.5	115	1065.6	37.6	-5.7	1097.4
36	1065.6	-19.9	-3.7	1042.0	76	1065.6	52.9	-22.9	1095.5	116	1065.6	35.4	-20.0	1081.0
37	1065.6	13.2	-3.7	1075.1	77	1065.6	-8.4	-30.7	1026.5	117	1065.6	61.2	-4.5	1122.2
38	1065.6	10.5	-3.4	1072.6	78	1065.6	10.7	-25.0	1051.4	118	1065.6	-3.7	-2.0	1059.8
39	1065.6	31.1	-3.6	1093.1	79	1065.6	12.0	-13.7	1063.8					
40	1065.6	29.5	-3.6	1091.4	80	1065.6	-4.4	18.6	1079.8					

Precios en M.N.

APÉNDICE K “PRECIOS MARGINALES LOCALES CASO 5”.

Tabla K. 1 Precios marginales locales caso 5

Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML	Nodo	Energía	Pérdidas	Congestión	PML
1	1009.6	40.9	0	1050.4	41	1009.6	35.1	0	1044.6	81	1009.6	2.1	0	1011.7
2	1009.6	38.6	0	1048.1	42	1009.6	29.0	0	1038.5	82	935.7	18.4	0	954.1
3	1009.6	34.8	0	1044.4	43	1009.6	41.0	0	1050.5	83	935.7	25.7	0	961.4
4	1009.6	22.7	0	1032.2	44	1009.6	44.9	0	1054.4	84	935.7	47.9	0	983.5
5	1009.6	21.1	0	1030.6	45	1009.6	36.1	0	1045.6	85	935.7	33.7	0	969.4
6	1009.6	27.8	0	1037.3	46	1009.6	31.2	0	1040.8	86	935.7	65.5	0	1001.1
7	1009.6	28.2	0	1037.8	47	1009.6	20.1	0	1029.6	87	935.7	-88.3	0	847.4
8	1009.6	19.0	0	1028.5	48	1009.6	24.7	0	1034.3	88	935.7	35.7	0	971.4
9	1009.6	21.3	0	1030.9	49	1009.6	-8.9	0	1000.7	89	935.7	-29.4	0	906.2
10	1009.6	-23.8	0	985.7	50	1009.6	29.9	0	1039.5	90	935.7	40.0	0	975.7
11	1009.6	25.6	0	1035.2	51	1009.6	31.8	0	1041.4	91	935.7	45.2	0	980.8
12	1009.6	-25.6	0	983.9	52	1009.6	40.5	0	1050.0	92	935.7	26.3	0	962.0
13	1009.6	39.6	0	1049.1	53	1009.6	34.6	0	1044.1	93	935.7	31.1	0	966.8
14	1009.6	37.8	0	1047.4	54	1009.6	-16.2	0	993.3	94	935.7	19.9	0	955.5
15	1009.6	21.6	0	1031.2	55	1009.6	18.3	0	1027.9	95	935.7	22.4	0	958.0
16	1009.6	34.7	0	1044.3	56	1009.6	16.3	0	1025.8	96	935.7	14.7	0	950.3
17	1009.6	16.8	0	1026.3	57	1009.6	36.1	0	1045.7	97	1009.6	19.9	0	1029.5
18	1009.6	23.6	0	1033.2	58	1009.6	34.8	0	1044.4	98	1009.6	27.7	0	1037.3
19	1009.6	23.2	0	1032.8	59	1009.6	8.3	0	1017.8	99	1009.6	-51.7	0	957.9
20	1009.6	37.6	0	1047.1	60	1009.6	7.6	0	1017.2	100	935.7	-20.3	0	915.3
21	1009.6	41.7	0	1051.2	61	1009.6	-5.7	0	1003.8	101	935.7	33.8	0	969.5
22	1009.6	40.0	0	1049.6	62	1009.6	8.9	0	1018.5	102	935.7	32.0	0	967.7
23	1009.6	22.5	0	1032.0	63	1009.6	6.0	0	1015.6	103	935.7	31.9	0	967.6
24	1009.6	24.4	0	1033.9	64	1009.6	4.5	0	1014.0	104	935.7	37.1	0	972.7
25	1009.6	-20.7	0	988.8	65	1009.6	-1.8	0	1007.8	105	935.7	37.7	0	973.4
26	1009.6	-18.9	0	990.7	66	1009.6	-3.5	0	1006.0	106	935.7	41.9	0	977.5
27	1009.6	31.5	0	1041.0	67	1009.6	16.4	0	1025.9	107	935.7	61.4	0	997.1
28	1009.6	40.8	0	1050.3	68	1009.6	0.3	0	1009.9	108	935.7	52.2	0	987.8
29	1009.6	40.3	0	1049.8	69	1009.6	-2.0	0	1007.5	109	935.7	54.9	0	990.6
30	1009.6	14.0	0	1023.5	70	1009.6	17.1	0	1026.7	110	935.7	54.1	0	989.8
31	1009.6	35.2	0	1044.7	71	1009.6	24.5	0	1034.0	111	935.7	73.5	0	1009.1
32	1009.6	28.9	0	1038.5	72	1009.6	41.8	0	1051.3	112	935.7	0.0	0	935.7
33	1009.6	34.4	0	1044.0	73	1009.6	33.0	0	1042.6	113	1009.6	36.4	0	1045.9
34	1009.6	14.5	0	1024.0	74	1009.6	25.1	0	1034.6	114	1009.6	70.7	0	1080.2
35	1009.6	18.8	0	1028.3	75	1009.6	18.4	0	1028.0	115	1009.6	95.2	0	1104.8
36	1009.6	18.9	0	1028.4	76	1009.6	50.1	0	1059.6	116	1009.6	38.5	0	1048.1
37	1009.6	12.6	0	1022.1	77	1009.6	-8.0	0	1001.6	117	1009.6	31.7	0	1041.3
38	1009.6	9.9	0	1019.5	78	1009.6	10.2	0	1019.7	118	1009.6	-4.2	0	1005.4
39	1009.6	29.5	0	1039.1	79	1009.6	11.3	0	1020.9					
40	1009.6	27.9	0	1037.5	80	1009.6	0.0	0	1009.6					

Precios en M.N

APÉNDICE L “CODIGO ASIGNACIÓN DE UNIDADES.”

```
PROGRAM AUTR
USE MSIMSL
IMPLICIT NONE
```

```

INTEGER LDA, M, NVAR, LDAWK
INTEGER I, J, W, NOUT, KI, KF
INTEGER, ALLOCATABLE::IRTYPE(:)
REAL OBJ
REAL, ALLOCATABLE::A(:, :), B(:, :), C(:, :), DSOL(:, :), XLB(:, :), XUB(:, :),
XSOL(:, :), AWK(:, :), WK(:, :)!AWK, WK Y IWK SON PARA DOBLE
PRECISION
INTEGER, ALLOCATABLE::IWK(:)

```

```

INTEGER H, P, T, ITERACION, COMBINACION OPTIMA,
HORAS, Q
INTEGER, ALLOCATABLE :: U(:, :), COMBOPTIMAS(:, :),
REAL, ALLOCATABLE :: COSTO PRODUCCION(:, :), XLBX(:, :),
XUBX(:, :), COSTO ARRANQUE(:, :), COSTO ARRANQUE AUX(:, :),
REAL MAXIMO, MINIMO, OPTIMO, COSTO TOTAL ARRANQUE

```

```
!INTEGER (KIND=8)
INTEGER R
```

```

PROGRAMA_DESPACHO
INTEGER MAQUINAS
REAL POTENCIA
REAL, ALLOCATABLE::PMAQ(:),DEMANDA(:),COSTOS(:)

```

```
!MATRIZ DE OPERACION OBLIGADA (TIEMPOS MINIMOS
ON/OFF)
INTEGER, ALLOCATABLE::OP(:,:)
INTEGER RESTRICCIONTIEMPO
```

```
OPEN(UNIT=1,FILE='1DATOS_GENERALES.DAT')
OPEN(UNIT=11,FILE='2LIMITES_INF.DAT')
OPEN(UNIT=111,FILE='3LIMITES_SUP.DAT')
OPEN(UNIT=1111,FILE='4COSTOS.DAT')
OPEN(UNIT=31,FILE='COSTOSARRANQUE.DAT')
OPEN(UNIT=311,FILE='DEMANDA.DAT')
OPEN(UNIT=4,FILE='PRODUCCIONESOPTIMAS.DAT')
OPEN(UNIT=41,FILE='5OPOBLIGADA.DAT')
```

```
write(6,*)
write(6,*) '          INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL'
write(6,*) '          ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA'
write(6,*) '          SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION'
write(6,*) '          MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA
ELECTRICA'
write(6,*) ''
write(6,*) '          ASIGNACION DE UNIDADES'
write(6,*) ''
write(6,*) '          ING. RODRIGUEZ RESENDIZ IVAN'
write(6,*) ''
write(6,*) '          ASESORES - DR JAIME ROBLES GARCIA   DR
RICARDO MOTA PALOMINO'
write(6,*)''
write(6,*)''
```

```
READ(1,*)MAQUINAS
READ(1,*)HORAS
```

```
NVAR=11*MAQUINAS
M=1
KI=M*(M+28)
KF=(29*M)+(3*NVAR)
LDA=M
```

```

ALLOCATE(A(M,NVAR),B(M),C(NVAR),DSOL(M),XLB(NVAR),X
UB(NVAR),XSOL(NVAR),IRTYPE(M),AWK(1,1),WK(KI),IWK(KF)
)
ALLOCATE(PMAQ(MAQUINAS),XLBX(NVAR),XUBX(NVAR),D
EMANDA(HORAS),COSTOS(NVAR,HORAS))
ALLOCATE(OP(MAQUINAS,HORAS),COMBOPTIMAS(MAQUIN
AS,HORAS),COSTOARRANQUE(MAQUINAS),COSTOARRANQU
EAUX(MAQUINAS))

```

***** LECTURA DE DATOS

```
DO I=1,NVAR
READ(11,*)XLBX(I)    !LECTURA LIMITES INFERIORES
END DO
```

```
DO I=1,NVAR
READ(111,*)XUBX(I)  !LECTURA LIMITES SUPERIORES
END DO
```

```
DO I=1,NVAR
READ(1111,*)COSTOS(I,1),COSTOS(I,2),COSTOS(I,3),COSTOS(I,4),
,COSTOS(I,5),COSTOS(I,6),COSTOS(I,7),COSTOS(I,8),COSTOS(I,
9),COSTOS(I,10),COSTOS(I,11),COSTOS(I,12),COSTOS(I,13),COSTO
S(I,14),COSTOS(I,15),COSTOS(I,16),COSTOS(I,17),COSTOS(I,18)
,COSTOS(I,19),COSTOS(I,20),COSTOS(I,21),COSTOS(I,22),COSTO
S(I,23),COSTOS(I,24)  !LECTURA DE COSTOS.
END DO
```

```
DO I=1,MAQUINAS
  READ(41,*)OP(I,1),OP(I,2),OP(I,3),OP(I,4),OP(I,5),OP(I,6),OP(I,7),O
  P(I,8),OP(I,9),OP(I,10),OP(I,11),OP(I,12),OP(I,13),OP(I,14),OP(I,15),
  OP(I,16),OP(I,17),OP(I,18),OP(I,19),OP(I,20),OP(I,21),OP(I,22),OP(I,
  23),OP(I,24) !LECTURA OPERACION OBLIGADA
END DO
```

```
DO I=1, HORAS
READ(311,*)DEMANDA(I)
END DO
```

```
DO I=1, MAQUINAS
READ(31,*)COSTOARRANQUE(I)
END DO
```

COMBOPTIMAS=0

```
*****CREACION DE MATRIZ DE COMBINACIONES
R=0
```

```

                                !GENERA LAS COMBINACIONES
POSIBLES DE LOS PAQUETES
DO i=1, MAQUINAS
R=(2**(i-1)) + R
END DO
R=R+1

```

!POR LA COMBINACION 0 DONDE NO HAY
PAQUETES
ALLOCATE(U(MAQUINAS,R),COSTOPRODUCCION(R))
!MATRIZ DE COMBINACION DE PAQUETES, R=NUMERO DE
LA COMBINACION

```

DO j=1, MAQUINAS                !LLENADO DE LA MATRIZ
DE COMBINACIONES DE LOS PAQUETES
H=2**(j-1)
P=0

      DO i=1, R

            DO T=1,H
            P=P+1
            U(j,P)=1
            END DO

            DO T=1,H
            P=P+1
            U(j,P)=0
            END DO

            IF(P.EQ.R) EXIT
      END DO
END DO

!*****CREACION DE MATRIZ DE COMBINACIONES

DO Q=1, HORAS
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!INICIO CICLO ITERATIVO!!!!!!!!!!!!!!
      DO I=1,NVAR
            C(I)=COSTOS(I,Q)
      END DO

      WRITE(6,*)'CALCULANDO HORA=: ',Q
DO ITERACION=1, R

!*****PROBLEMA COMBINATORIO

      MAXIMO=0
      MINIMO=0
      J=0
      W=1
      DO I=1, NVAR
            J=J+1

            IF(J.LE.11)THEN
            XLB(I)=XLBX(I)*U(W,ITERACION)

            XUB(I)=XUBX(I)*U(W,ITERACION)
            END IF

            IF(J.EQ.11)THEN
            W=W+1
            J=0
            END IF
      END DO

      MINIMO=MINIMO + XLB(I)
      MAXIMO=MAXIMO + XUB(I)
      END DO

!!!!!!!!!!!!RESTRICCION DE TIEMPOS MINIMOS
RESTRICCIÓNTIEMPO=0
DO I=1,MAQUINAS
      IF(OP(I,Q).NE.2)THEN
            IF(OP(I,Q).NE.U(1,ITERACION))THEN

            RESTRICCIÓNTIEMPO=RESTRICCIÓNTIEMPO+1
            END IF
      END IF
END DO

IF(MINIMO.LE.DEMANDA(Q))THEN

      IF(MAXIMO.GE.DEMANDA(Q))THEN

```

```

COSTOPRODUCCION(ITERACION)=OBJ+
COSTOTOTALARRANQUE

        ELSE
        COSTOPRODUCCION(ITERACION)=0
        END IF

ELSE
COSTOPRODUCCION(ITERACION)=0
END IF
ELSE
COSTOPRODUCCION(ITERACION)=0
END IF

END DO
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!FIN CICLO ITERATIVO!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!

OPTIMO=1000000000
COMBINACIONOPTIMA=0
DO I=1, R
        IF(COSTOPRODUCCION(I).EQ.0)THEN
        ELSE

                IF(COSTOPRODUCCION(I).LT.OPTIMO)THEN
                        OPTIMO=COSTOPRODUCCION(I)
                        COMBINACIONOPTIMA=I
                END IF
        END IF
END DO

!IMPRESION DE RESULTADOS
WRITE(4,*)'COSTO DE PRODUCCION OPTIMO HORA=',Q
WRITE(4,*)'COMBINACION
NUMERO=',COMBINACIONOPTIMA,OPTIMO
!write(4,'(12(I2))')(U(j,COMBINACIONOPTIMA),j=1,MAQUINAS)
!OTRO MODO DE IMPRESION

DO J=1,MAQUINAS
        COMBOPTIMAS(J,Q)=U(J,COMBINACIONOPTIMA)
        WRITE(4,*)U(J,COMBINACIONOPTIMA)

        IF(J.EQ.7)THEN
        WRITE(4,*)'- '
        END IF
END DO

END DO !!!! FINAL CICLO ITERATIVO 24 HORAS
END PROGRAM

```

APÉNDICE M “CODIGO DESPACHO ECONOMICO 24 HORAS.”

```

PROGRAM DERS24H

USE MSIMSL

IMPLICIT NONE

!VARIABLES AUXILIARES
INTEGER I,J,W,Q
REAL pruebas

!DATOS GENERALES
INTEGER Numnodos, Nummaquinas, Numelementos, Numzonas,
Numrestricciones, Slack

!DATOS DE LA RED LINEAS
INTEGER, ALLOCATABLE::ELEMENTO(:),NE(:), NR(:)
REAL, ALLOCATABLE::RSE(:),XSE(:),LIMITE(:)

!DATOS DE LA RED NODOS
INTEGER, ALLOCATABLE::NODO(:),MAQ(:),ZONA(:)
REAL, ALLOCATABLE::POT(:,:),FACLOSS(:)

!FLUJOS DE POTENCIA EN CD
REAL,
ALLOCATABLE::BMATRIZ(:,:),PCD(:),TETA(:),POTDEIAJ(:,:)

!OPTIMIZACION
INTEGER LDA, NVAR,LDARK

INTEGER NOUT,KI,KF
REAL OBJ
REAL, ALLOCATABLE::A(:,:), B(:), C(:), DSOL(:), XLB(:), XUB(:),
XSOL(:),AWK(:,:),WK(:) !AWK, WK Y IWK SON PARA DOBLE
PRECISION
INTEGER, ALLOCATABLE::IRTYPE(:), IWK(:)

!INVERSION DE MATRIZ
INTEGER LDINV, LDAR, N, TI
REAL, ALLOCATABLE::AINV(:,:),WKINV(:) !TI,WKINV Y
IWKINV SON PARA DOBLE PRECISION.
INTEGER, ALLOCATABLE::IWKINV(:)

!FACTORES DE SENCIBILIDAD
REAL, ALLOCATABLE::FACSENS(:,:)

!DESPACHO
REAL,
ALLOCATABLE::FACLOSSMAQ(:),PMAQ(:,:),OPERACIONMAQ(:
:),DEMANDA(:),OFERTAS(:,:),XLBAUX(:),XUBAUX(:),GENERA
CION(:)

!CONGESTION
INTEGER, ALLOCATABLE::LVIOLADA(:,:)

!CENTRALES MUST RUN
REAL, ALLOCATABLE::PMAQ(:),PMIN(:)
INTEGER, ALLOCATABLE::MISTR(:,:),MISTR2(:,:)

!RESERVAS
REAL, ALLOCATABLE::PMAQROD(:),RESFRI(:)

```

```

!PML
INTEGER, ALLOCATABLE::ESCMR(:,:),ESCMR2(:,:)
REAL, ALLOCATABLE::CLOSS(:,:),CCONG(:,:),CENE(:)

OPEN(UNIT=10,FILE='PRUEBAS.DAT')

OPEN(UNIT=1,FILE='1DATOS_GENERALES.DAT')
OPEN(UNIT=11,FILE='2REDLINEAS.DAT')
OPEN(UNIT=111,FILE='3REDNODOS.DAT')
OPEN(UNIT=2,FILE='4LIMITES_INF.DAT')
OPEN(UNIT=21,FILE='5LIMITES_SUP.DAT')
OPEN(UNIT=211,FILE='6COSTOS.DAT')
OPEN(UNIT=3,FILE='7ASIGNACIONUNI.DAT')
OPEN(UNIT=31,FILE='8LIMITESMAQUINAS.DAT')
OPEN(UNIT=311,FILE='9RESPML.DAT')
OPEN(UNIT=4,FILE='10RESMAQ.DAT')
OPEN(UNIT=41,FILE='7POTNODAL.DAT')
OPEN(UNIT=42,FILE='11RESVIOLACIONES.DAT')

write(6,*)
write(6,*) ' INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL'
write(6,*) ' ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA'
write(6,*) ' SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION'
write(6,*) ' MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA
ELECTRICA'
write(6,*) ' '
write(6,*) ' DESPACHO ECONOMICO EN EL MEM'
write(6,*) ' '
write(6,*) ' ING. RODRIGUEZ RESENDIZ IVAN'
write(6,*) ' '
write(6,*) ' ASESORES - DR JAIME ROBLES GARCIA DR
RICARDO MOTA PALOMINO'
write(6,*) ' '
write(6,*) ' '

READ(1,*)Numnodos
READ(1,*)Numelementos
READ(1,*)Nummaquinas
READ(1,*)Numzonas
READ(1,*)Numrestricciones
READ(1,*)Slack

NVAR=11*Nummaquinas
LDA=Numrestricciones
KI=Numrestricciones*(Numrestricciones+28)
KF=(29*Numrestricciones)+(3*NVAR)
LDARK=1
LDAR=Numnodos-1
LDINV=Numnodos-1
N=Numnodos-1
TI=((Numnodos-1)+(Numnodos-1)*((Numnodos-1)-1)/2)

ALLOCATE(ELEMENTO(Numelementos),NE(Numelementos),NR(N
umelementos),RSE(Numelementos),XSE(Numelementos),LIMITE(Nu
melementos))

ALLOCATE(NODO(Numnodos),MAQ(Numnodos),ZONA(Numnodos
),POT(Numnodos,24),FACLOSS(Numnodos))

ALLOCATE(A(Numrestricciones,NVAR),B(Numrestricciones),C(NV
AR),DSOL(Numrestricciones),XLB(NVAR),XUB(NVAR),XSOL(NV
AR),IRTYPE(Numrestricciones),AWK(1,1),WK(KI),IWK(KF))
ALLOCATE(BMATRIZ(Numnodos-1,Numnodos-1),PCD(Numnodos-
1),TETA(Numnodos-1),POTDEIAJ(Numelementos,24))
ALLOCATE(AINV(Numnodos-1,Numnodos-
1),WKINV(TI),IWKINV(Numnodos-1))
ALLOCATE(FACSENS(Numelementos,Numnodos))

```

```

ALLOCATE(FACLOSSMAQ(Nummaquinas),PMAQ(Nummaquinas,2
4),OPERACIONMAQ(Nummaquinas,24))
ALLOCATE(LVIOLADA(Numelementos,24))
ALLOCATE(PMAX(Nummaquinas),PMIN(Nummaquinas),MISTR(N
ummaquinas,24),MISTR2(Nummaquinas,24))
ALLOCATE(ESCMR(NVAR,24),ESCMR2(NVAR,24),CLOSS(Numn
odos,24),CCONG(Numnodos,24),CENE(24))
ALLOCATE(GENERACION(24),DEMANDA(24),OFERTAS(NVAR,
24),XLBAUX(NVAR),XUBAUX(NVAR))
ALLOCATE(PMAXROD(24),RESFRI(24))
!***** *LECTURA DE DATOS
ELEMENTO=0
NE=0
NR=0
RSE=0
XSE=0
LIMITE=0
NODO=0
MAQ=0
ZONA=0
POT=0
FACLOSS=0
BMATRIZ=0
FACSENS=0.0
DEMANDA=0.0
FACLOSS=0
MISTR=0
ESCMR=0
!write(6,*)INGRESA LA HORA QUE DESEAS OBSERVAR'
!READ(5,*)Q

DO I=1,Numelementos
READ(11,*)ELEMENTO(I),NE(I),NR(I),RSE(I),XSE(I),LIMITE(I)
!LECTURA ELEMENTOS DE LA RED-LINEAS
END DO

DO I=1,Numnodos
READ(111,*)NODO(I),MAQ(I),ZONA(I),FACLOSS(I)
!LECTURA ELEMENTOS DE LA RED-NODOS
END DO

pot=0
DO I=1,Numnodos
READ(41,*)POT(I,1),POT(I,2),POT(I,3),POT(I,4),POT(I,5),POT(I,6),P
OT(I,7),POT(I,8),POT(I,9),POT(I,10),POT(I,11),POT(I,12),POT(I,13),
POT(I,14),POT(I,15),POT(I,16),POT(I,17),POT(I,18),POT(I,19),POT(I
,20),POT(I,21),POT(I,22),POT(I,23),POT(I,24)
!LECTURA DE LA POTENCIA NODAL CERO
END DO

DO I=1,Nummaquinas
READ(3,*)OPERACIONMAQ(I,1),OPERACIONMAQ(I,2),OPERACI
ONMAQ(I,3),OPERACIONMAQ(I,4),OPERACIONMAQ(I,5),OPER
ACIONMAQ(I,6),OPERACIONMAQ(I,7),OPERACIONMAQ(I,8),OP
ERACIONMAQ(I,9),OPERACIONMAQ(I,10),OPERACIONMAQ(I,1
1),OPERACIONMAQ(I,12),OPERACIONMAQ(I,13),OPERACIONM
AQ(I,14),OPERACIONMAQ(I,15),OPERACIONMAQ(I,16),OPERAC
IONMAQ(I,17),OPERACIONMAQ(I,18),OPERACIONMAQ(I,19),OP
ERACIONMAQ(I,20),OPERACIONMAQ(I,21),OPERACIONMAQ(I,
22),OPERACIONMAQ(I,23),OPERACIONMAQ(I,24) !LECTURA
NUMERO DE MAQUINA Y ESTADO DE LA MAQUINA
END DO

DO I=1,NVAR
READ(211,*)OFERTAS(I,1),OFERTAS(I,2),OFERTAS(I,3),OFERTA
S(I,4),OFERTAS(I,5),OFERTAS(I,6),OFERTAS(I,7),OFERTAS(I,8),
OFERTAS(I,9),OFERTAS(I,10),OFERTAS(I,11),OFERTAS(I,12),OF
ERTAS(I,13),OFERTAS(I,14),OFERTAS(I,15),OFERTAS(I,16),OFE
RTAS(I,17),OFERTAS(I,18),OFERTAS(I,19),OFERTAS(I,20),OFER

```

```

TAS(I,21),OFERTAS(I,22),OFERTAS(I,23),OFERTAS(I,24)
!LECTURA DE COSTOS.
END DO

DO I=1,NVAR
READ(2,*)XLBAUX(I) !LECTURA LIMITES INFERIORES
END DO

DO I=1,NVAR
READ(21,*)XUBAUX(I) !LECTURA LIMITES
SUPERIORES
END DO

DO I=1,Nummaquinas
READ(31,*)PMAX(I),PMIN(I) !LECTURA LIMITES DE LAS
MAQUINAS
END DO

DO J=1, 24
DO I=1,Numnodos
DEMANDA(J)=DEMANDA(J)+POT(I,J)
END DO
END DO

DO I=1, Numnodos
IF(MAQ(I).NE.0)THEN
FACLOSSMAQ(MAQ(I))=FACLOSS(I)
END IF
END DO

!***** FORMAR MATRIZ B
DO I=1,Numelementos !ELABORACION DE LA
MATRIZ "B" ELEMENTOS FUERA DE LA DIAGONAL
IF(NE(I).EQ.Slack)THEN
ELSE
IF(NR(I).EQ.Slack)THEN
ELSE
BMATRIZ(NE(I),NR(I))=-(1/XSE(I))

BMATRIZ(NR(I),NE(I))=BMATRIZ(NE(I),NR(I))
END IF
END IF
END DO

DO I=1,Numnodos-1 !ELABORACION
DE LA MATRIZ "B" ELEMENTOS DE LA DIAGONAL
DO J=1,Numelementos
IF(NE(J).EQ.I)THEN
BMATRIZ(I,I)=(1/XSE(J)) + BMATRIZ(I,I)
END IF
IF(NR(J).EQ.I)THEN
BMATRIZ(I,I)=(1/XSE(J)) + BMATRIZ(I,I)
END IF
END DO
END DO
!**** *****FORMAR MATRIZ B
!***** *****CALCULO FACTORES DE SENSIBILIDAD
CALL L2NRG (N, BMATRIZ, LDAR, AINV, LDAINV, WKINV,
IWKINV) !-----INVERSION DE LA BMATRIZ
DO I=1,Numelementos
DO J=1, Numnodos
IF(J.EQ.Slack)THEN
ELSE
IF(NE(I).EQ.Slack)THEN
FACSENS(I,J)=(-
AINV(NR(I),J))*(1/XSE(I))
ELSE

```

```

IF(NR(I).EQ.SLACK)THEN

FACSENS(I,J)=(AINV(NE(I),J))*(1/XSE(I))
ELSE

FACSENS(I,J)=(AINV(NE(I),J)-
AINV(NR(I),J))*(1/XSE(I))
END IF
END IF
END IF
END DO
END DO
!***** **CALCULO FACTORES DE SENSIBILIDAD
DO I=1, NVAR
A(1,I)=1
END DO

J=0
W=1
DO I=1, NVAR
J=J+1
IF(W.EQ.MAQ(SLACK))THEN
EXIT
ELSE

IF(J.LE.11)THEN
A(1,I)=(1-(FACLOSSMAQ(W)))
END IF

IF(J.EQ.11)THEN
W=W+1
J=0
END IF
END IF
END DO
IRTYPE(1)=0

DO Q=1, 24
!***** *LECTURA DE DATOS

DO I=1,NVAR
C(I)=OFERTAS(I,Q) !LECTURA DE COSTOS.
END DO

B(1)=--DEMANDA(Q)
!***** **ASIGNACION DE UNIDADES
J=0
W=1
DO I=1, NVAR
J=J+1

IF(J.LE.11)THEN
XLB(I)=XLBAUX(I)*OPERACIONMAQ(W,Q)
XUB(I)=XUBAUX(I)*OPERACIONMAQ(W,Q)
END IF

IF(J.EQ.11)THEN
W=W+1
J=0
END IF
END DO
!***** **ASIGNACION DE UNIDADES
CALL D2PRS
(Numrestricciones,NVAR,A,LDA,B,B,C,IRTYPE,XLB,XUB,OBJ,XS
OL,DSOL,AWK,LDWK,WK,IWK)

!***** **LLENADO DE VECTOR "P" CON POTENCIAS
DE LAS MAQUINAS Y CARGAS
J=0
W=1

DO I=1, NVAR
J=J+1
IF(J.LE.11)THEN
PMAQ(W,Q)=XSOL(I)+PMAQ(W,Q)
END IF

IF(J.EQ.11)THEN
W=W+1
J=0
END IF
END DO

DO I=1, Numnodos
IF(MAQ(I).NE.0)THEN
IF(NODO(I).NE.SLACK)THEN

POT(I,Q)=POT(I,Q)+PMAQ(MAQ(I),Q)
END IF
END IF
END DO
!***** **LLENADO DE VECTOR "P" CON POTENCIAS DE
LAS MAQUINAS

!***** **FLUJOS DE POTENCIA DE CD
DO I=1, Numnodos
IF(I.NE.SLACK)THEN
PCD(I)=POT(I,Q)/100
END IF
END DO

TETA=MATMUL(AINV,PCD)
!***** **FLUJOS DE POTENCIA DE CD
!***** **POTENCIAS EN LAS LINEAS
DO I=1, Numelementos
IF(NE(I).EQ.SLACK)THEN
POTDEIAJ(I,Q)=(1/XSE(I))*((-
TETA(NR(I))))*100
ELSE
IF(NR(I).EQ.SLACK)THEN

POTDEIAJ(I,Q)=(1/XSE(I))*((TETA(NE(I))))*100
ELSE

POTDEIAJ(I,Q)=(1/XSE(I))*((TETA(NE(I))-
TETA(NR(I))))*100
END IF
END IF
END DO
DO I=1,Numelementos
IF(ABS(POTDEIAJ(I,Q)).GT.LIMITE(I))THEN
LVIOLADA(I,Q)=1
WRITE(42,*) 'HORA ',LINEA VIOLADA
',POTENCIA ',LIMITE'
WRITE(42,*)Q,I,' ',POTDEIAJ(I,Q),LIMITE(I)
ELSE
LVIOLADA(I,Q)=0
END IF
END DO
!***** **POTENCIAS EN LAS LINEAS
!***** **IDENTIFICACION CENTRALES "PMIN"
DO I=1,Nummaquinas
IF(PMAQ(I,Q).GT.0)THEN
IF(PMAQ(I,Q).LE.PMIN(I))THEN
MUSTR(I,Q)=1
END IF

```

```

        END IF
    END DO

    J=0
    W=1
    DO I=1, NVAR
        J=J+1

        IF(J.LE.11)THEN
            IF(MUSTR(W,Q).EQ.1)THEN
                ESCMR(I,Q)=1
            END IF
        END IF

        IF(J.EQ.11)THEN
            W=W+1
            J=0
        END IF
    END DO

    !***** IDENTIFICACION CENTRALES "PMIN"
    !***** IDENTIFICACION CENTRALES "PMAX"
    DO I=1, Nummaquinas
        IF(PMAQ(I,Q).GT.0)THEN
            IF(PMAQ(I,Q).GE.(PMAX(I)-.1))THEN
                MUSTR2(I,Q)=1
            END IF
        END IF
    END DO

    J=0
    W=1
    DO I=1, NVAR
        J=J+1

        IF(J.LE.11)THEN
            IF(MUSTR2(W,Q).EQ.1)THEN
                ESCMR2(I,Q)=1
            END IF
        END IF

        IF(J.EQ.11)THEN
            W=W+1
            J=0
        END IF
    END DO

    !***** IDENTIFICACION CENTRALES "PMAX"
    !***** CALCULO RESERVA RODANTE
    PMAXROD(Q)=0
    DO I=1, Nummaquinas
        IF(PMAQ(I,Q).NE.0)THEN
            PMAXROD(Q)=PMAXROD(Q)+PMAX(I)
        END IF
    END DO

    !***** CALCULO RESERVA RODANTE

    !***** CALCULO RESERVA FRIA
    RESFRI(Q)=0
    DO I=1, Nummaquinas
        IF(PMAQ(I,Q).EQ.0)THEN
            RESFRI(Q)=RESFRI(Q)+PMAX(I)
        END IF
    END DO

    !***** CALCULO RESERVA FRIA
    !***** CALCULO COMPONENTE DE ENERGIA
    GENERACION(Q)=0
    DO I=1, Nummaquinas
        GENERACION(Q)=GENERACION(Q)+PMAQ(I,Q)
    END DO

    CENE(Q)=0
    DO I=1, NVAR
        IF(ESCMR2(I,Q).NE.1)THEN
            IF(ESCMR(I,Q).NE.1)THEN
                IF(XSOL(I).GT.0.0)THEN

                    IF(C(I).GT.CENE(Q))THEN

                        CENE(Q)=C(I)
                    END IF
                END IF
            END IF
        END IF

        !***** CALCULO COMPONENTE DE
        ENERGIA
        !***** CALCULO COMPONENTE DE PERDIDAS
        CLOSS=0
        DO I=1, Numnodos
            IF(I.NE.SLACK)THEN
                IF(POT(I,Q).GT.0)THEN
                    CLOSS(I,Q)=FACLOSS(I)*(CENE(Q))
                ELSE
                    CLOSS(I,Q)=FACLOSS(I)*(CENE(Q))
                END IF
            END IF
        END DO

        !***** CALCULO COMPONENTE DE PERDIDAS
        CCONG=0

        !**** IMPRESION DE RESULTADOS

        WRITE(6,*) ' HORA      ',Q
        WRITE(6,*) ' GENERACION =',GENERACION(Q)
        WRITE(6,*) ' DEMANDA =',-DEMANDA(Q)
        WRITE(6,*) ' PERDIDAS =',(GENERACION(Q)+DEMANDA(Q))
        WRITE(4,*)"
        WRITE(4,*) ' RESERVA RODANTE =',(PMAXROD(Q)-
        GENERACION(Q))
        WRITE(4,*)"
        WRITE(4,*) ' RESERVA FRIA = ',RESFRI(Q)
        WRITE(4,*)"

        WRITE(4,*) ' HORA',Q
        WRITE(4,*) ' MAQUINA',' ' DESPACHO','
        UPLIFT(1=SI,0=NO)'
        WRITE(4,*)"
        DO I=1, Nummaquinas
            WRITE(4,*) ' ,I,' ,PMAQ(I,Q),' ,MUSTR(I,Q)
        END DO

        WRITE(6,*)"
        WRITE(6,*)"

        WRITE(311,*) ' HORA ',Q
        WRITE(311,*) ' NODO ENERGIA PERDIDAS
        CONGESTION PML'
        WRITE(311,*)"

        DO I=1, Numnodos
            WRITE(311,*)I,CENE(Q),CLOSS(I,Q),CCONG(I,Q),(CE
            NE(Q)+CLOSS(I,Q)+CCONG(I,Q))
        END DO

        !***** IMPRESION DE RESULTADOS
        END DO

    END PROGRAM

```

APÉNDICE N “CODIGO SUBASTAS DE LARGO PLAZO.”

PROGRAM SLPXM

USE MSIMSL
USE mdata01

IMPLICIT NONE

```
write(6,*)
write(6,*) '          INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL'
write(6,*) '          ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA'
write(6,*) '          SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION'
write(6,*) '          MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA
ELECTRICA'
write(6,*) ''
write(6,*) '          SUBASTAS DE ENERGIA A LARGO PLAZO EN
EL MERCADO ELECTRICO MEXICANO'
write(6,*) ''
write(6,*) '          ING. RODRIGUEZ RESENDIZ IVAN'
write(6,*) ''
write(6,*) '          ASESORES - DR JAIME ROBLES GARCIA   DR
RICARDO MOTA PALOMINO'
write(6,*) ''
write(6,*) ''
```

```
OPEN(UNIT=1,FILE='1DATOS_LECTURA.DAT')
!DATOS GENERALES
OPEN(UNIT=11,FILE='2DemPEC_LECTURA.DAT')
!DATOS GENERALES DE LAS OFERTAS DE COMPRA
OPEN(UNIT=111,FILE='3PrecioPEC_LECTURA.DAT')
!PRECIOS DE LAS OFERTAS DE COMPRA
OPEN(UNIT=1111,FILE='4Paquete_LECTURA.DAT')
!DATOS GENERALES DE LAS OFERTAS DE VENTA
OPEN(UNIT=11111,FILE='5Preciopaquete_LECTURA.DAT')
!PRECIOS DE LAS OFERTAS DE VENTA
OPEN(UNIT=21,FILE='6COMPRAZONA_LECTURA.DAT')
!PRECIOS DE LAS OFERTAS DE COMPRA
OPEN(UNIT=211,FILE='7VENTAZONA_LECTURA.DAT')
!PRECIOS DE LAS OFERTAS DE VENTA
```

```
OPEN(UNIT=2111,FILE='8Fechainantpaq_LECTURA.DAT')
OPEN(UNIT=21111,FILE='9Fechaindespaq_LECTURA.DAT')
OPEN(UNIT=31,FILE='10KFechal_LECTURA.DAT')
OPEN(UNIT=32,FILE='RESULTADOS.DAT')
OPEN(UNIT=20,FILE='RESULTADOS1.DAT')
OPEN(UNIT=30,FILE='ESPECIAL.DAT')
OPEN(UNIT=40,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS1.DAT')
OPEN(UNIT=41,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS2.DAT')
OPEN(UNIT=42,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS3.DAT')
OPEN(UNIT=43,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS4.DAT')
OPEN(UNIT=44,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS5.DAT')
OPEN(UNIT=45,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS6.DAT')
OPEN(UNIT=46,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS7.DAT')
OPEN(UNIT=47,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS8.DAT')
OPEN(UNIT=48,FILE='EXCEDENTESECONOMICOS9.DAT')
```

```
!***** *LECTURA DE DATOS
READ(1,*)NCON
!NUMERO DE
RESTRICCIONES DE DESIGUALDAD
M=NCON
```

```
!NCON=2
READ(1,*)NCOM
!NUMERO DE OFERTAS DE
COMPRA
NVAR=NCOM*3
!EL NUMERO DE
VARIABLES SERAN EL NUMERO DE COMPRAS POR 3(CEL,
POTENCIA, ENERGIA)
!NVAR=3
READ(1,*)NPAQUETES
!NUMERO DE OFERTAS DE VENTA
LDA=M
ALLOCATE(A(LDA,NVAR), B(M), C(NVAR), DSOL(M),
XLB(NVAR), XUB(NVAR), XSOL(NVAR),
PRECIOPEC(NCOM,3),PRECIOPAQUETE(NPAQUETES),PAQUET
EPEC(NPAQUETES,3),PRECIOPAQUETEA(NPAQUETES),PAQUE
TEPECA(NPAQUETES,3))
ALLOCATE(IRTYPE(M),
ZPC(NCOM),ZPV(NPAQUETES),FECHALRRANT(NPAQUETES),F
ECHALRRDESP(NPAQUETES))
```

```
DO i=1,5
IRTYPE(i)=1
!TODAS LAS
RESTRICCIONES SON .LE.
END DO
```

```
DO i=6,13
IRTYPE(i)=2
!TODAS LAS
RESTRICCIONES SON .LE.
END DO
```

```
DO i=1,NVAR
XLB(i)=0.0
!EL LIMITE INFERIOR DE
COMPRA (Venta P E C) COMIENZA EN CERO
END DO
PRECIOPEC=0.0
PAQUETEPEC=0.0
PRECIOPAQUETE=0.0
ZPC=0.0
ZPV=0.0
DO i=1, NVAR
READ(11,*)XUB(i)
!LEE EL LIMITE SUPERIOR DE
POTENCIA, ENERGIA, CEL DE LAS OFERTAS DE **COMPRA**
EN ESE ORDEN (Dem P E C)
END DO
```

```
P=0
DO i=1, NCOM
P=P+1
READ(111,*)PRECIOPEC(i,1)
!LEE LOS PRECIOS DE **COMPRA** DE CADA
PRODUCTO DE LAS OFERTAS DE COMPRA EN ESE ORDEN
(Precio P E C)
C(P)=PRECIOPEC(i,1)
P=P+1
READ(111,*)PRECIOPEC(i,2)
!LEE LOS PRECIOS DE **COMPRA** DE CADA
PRODUCTO DE LAS OFERTAS DE COMPRA EN ESE ORDEN
(Precio P E C)
C(P)=PRECIOPEC(i,2)
P=P+1
```

```

READ(111,*)PRECIOPEC(i,3)          !LEE
LOS PRECIOS DE **COMPRA** DE CADA PRODUCTO DE LAS
OFERTAS DE COMPRA EN ESE ORDEN (Precio P E C)
C(P)=PRECIOPEC(i,3)
END DO

```

```

DO i=1, NPAQUETES
READ(1111,*)PAQUETEPEC(i,1)
      !LEE LA POTENCIA OFERTADA EN EL PAQUETE i
>>VENTA<<
READ(1111,*)PAQUETEPEC(i,2)
      !LEE LA ENERGIA OFERTADA EN EL PAQUETE i
>>VENTA<<
READ(1111,*)PAQUETEPEC(i,3)
      !LEE LOS CEL OFERTADOS EN EL PAQUETE i
>>VENTA<<
END DO

```

```

DO i=1, NPAQUETES
READ(11111,*)PRECIOPAQUETE(i)
      !LEE LOS PRECIOS DE CADA PAQUETE
>>VENTA<<
END DO

```

```

DO i=1, NCOM
READ(21,*)ZPC(i)
      !LEE LA ZONA DE POTENCIA DE LA
OFERTA DE COMPRA 1-SIN 2-SIBC 3-SIBCS
END DO

```

```

DO i=1, NPAQUETES
READ(211,*)ZPV(i)
      !LEE LA ZONA DE POTENCIA DE LA
OFERTA DE VENTA 1-SIN 2-SIBC 3-SIBCS
END DO

```

```

DO i=1, NPAQUETES
READ(2111,*)FECHALRRANT(i)
      !LEE LA CENTRALES CON FECHA DE OPERACION
IRREGULAR ANTES DE LA ESTANDAR
END DO

```

```

DO i=1, NPAQUETES
READ(21111,*)FECHALRRDESP(i)
      !LEE LA CENTRALES CON FECHA DE OPERACION
IRREGULAR DESPUES DE LA ESTANDAR
END DO

```

```

READ(31,*)KFechalrrAntP
      !LEE LOS PORCENTAJES QUE LAS ERC
ESTAN DISPUESTAS A ACEPTAR CON FECHA DE OPERACION
IRREGULAR DE LA ESTANDAR
READ(31,*)KFechalrrDespP
READ(31,*)KFechalrrAntC
READ(31,*)KFechalrrDespC
!***** *****LECTURA DE DATOS

```

```

!***** *CREACION DE MATRIZ DE COMBINACIONES
R=0
      !GENERA LAS COMBINACIONES
POSIBLES DE LOS PAQUETES
DO i=1, NPAQUETES
R=(2**(i-1)) + R
END DO
R=R+1
      !POR LA COMBINACION 0 DONDE NO HAY
PAQUETES

```

```

ALLOCATE(U(NPAQUETES,R),COMPRASSUMINISTRADAS(R),
OBJETIVOS(R)) !MATRIZ DE COMBINACION DE PAQUETES,
R=NUMERO DE LA COMBINACION
COMPRASSUMINISTRADAS=0
OBJETIVOS=0

```

```

DO j=1, NPAQUETES          !LLENADO DE LA MATRIZ
DE COMBINACIONES DE LOS PAQUETES
H=2**(j-1)
P=0

```

```
DO i=1, R
```

```

DO T=1,H
P=P+1
U(j,P)=1
END DO

```

```

DO T=1,H
P=P+1
U(j,P)=0
END DO

```

```

IF(P.EQ.R) EXIT
END DO

```

```

END DO
!***** **CREACION DE MATRIZ DE COMBINACIONES

```

```

!>>CORROBORACION DE LA ENTRADA DE DATOS<<<
write(6,*) '-----DATOS DE LAS OFERTAS DE
COMPRA----- '
write(6,*)"
write(6,*) '      #   ZONA.POT   POTENCIA/PRECIO
ENERGIA/PRECIO   CEL/PRECIO'
write(6,*) "

```

```

P=1
j=0
DO i=1, NVAR
j=j+1

```

```

IF(j.EQ.3)THEN
j=0
END IF

```

```

IF(j.EQ.0)THEN
write(6,*)P,ZPC(P),XUB(i-2),XUB(i-1),XUB(i)

```

```

      write(6,*)'
',PRECIOPEC(P,1),PRECIOPEC(P,2),PRECIOPEC(P,3)
      write(6,*)"
P=P+1
END IF

```

```
END DO
```

```

write(6,*) '-----DATOS DE LAS OFERTAS DE VENTA----- '
write(6,*)"
write(6,*) '      #   ZONA.POT   POTENCIA   ENERGIA
CEL'
write(6,*) "

```

```

DO i=1, NPAQUETES
write(6,*)i,ZPV(i),PAQUETEPEC(i,1),PAQUETEPEC(i,2),PAQUETE
PEC(i,3)
write(6,*)'PRECIO',PRECIOPAQUETE(i)
write(6,*) "
END DO

```

```

write(6,*)"
write(6,*)'EXISTEN',R,'   COMBINACIONES DE PAQUETES'

```

```

write(6,*) "

write(6,*) '-----CENTRALES CON OPERACION IRREGULAR Y
COEFICIENTES DE COMPRA----- '
write(6,*)"
write(6,*) '      #PAQUETE   FECHA IRREGULAR ANTES
FECHA IRREGULAR DEPUES'
write(6,*) "

DO i=1, NPAQUETES
write(6,*)i,'      ',FECHALRRANT(i),'
',FECHALRRDESP(i)                                !LEE LA
CENTRALES CON FECHA DE OPERACION IRREGULAR ANTES
DE LA ESTANDAR
END DO
write(6,*) "
write(6,*) ' ',COEFICIENTES DE COMPRA:'
write(6,*) "

write(6,*) ' ',KFechalrrAntP',KFechalrrAntP
                                !LEE LOS
PORCENTAGES QUE LAS ERC ESTAN DISPUESTAS A
ACEPTAR CON FECHA DE OPERACION IRREGULAR DE LA
ESTANDAR
write(6,*) "
write(6,*) ' ',KFechalrrDespP',KFechalrrDespP
write(6,*) "
write(6,*) ' ',KFechalrrAntC',KFechalrrAntC
write(6,*) "
write(6,*) ' ',KFechalrrDespC',KFechalrrDespC
write(6,*) "
write(6,*) '-----FIN DE CORROBORACION DE DATOS----- '

!>>>> CORROBORACION DE LA ENTRADA DE DATOS<<<<<<<<

DO G=1, R !COLOCAR "R" EN 1***INICIO DE CICLO
ITERATIVO*****

!***** ACTUALIZACION DE PAQUETES CON
RESPECTO A LA COMBINACION BINARIA
DO i=1, NPAQUETES
PAQUETEPECA(i,1)=U(i,G)*(PAQUETEPEC(i,1))
                                !ACTUALIZA LA POTENCIA OFERTADA
EN EL PAQUETE i >>VENTA<<
PAQUETEPECA(i,2)=U(i,G)*(PAQUETEPEC(i,2))
                                !ACTUALIZA LA ENERGIA OFERTADA
EN EL PAQUETE i >>VENTA<<
PAQUETEPECA(i,3)=U(i,G)*(PAQUETEPEC(i,3))
                                !ACTUALIZA LOS CEL OFERTADOS EN
EL PAQUETE i                >>VENTA<<
END DO

DO i=1, NPAQUETES
PRECIOPAQUETE(i)=U(i,G)*(PRECIOPAQUETE(i))
                                !ACTUALIZA LOS PRECIOS DE CADA
PAQUETE                >>VENTA<<
END DO
!***** ACTUALIZACION DE PAQUETES
CON RESPECTO A LA COMBINACION BINARIA

!***** CALCULO DE LA MATRIZ
A Y VECTOR B DE RESTRICCIONES

PaqueteE=0
PaqueteC=0
DO i=1, NPAQUETES

PaqueteE=(PAQUETEPECA(i,2)) +(PaqueteE)
                                !CALCULA LA ENERGIA TOTAL DE LA
COMBINACION DE PAQUETES
PaqueteC=(PAQUETEPECA(i,3)) +(PaqueteC)
                                !CALCULA LOS CEL TOTALES DE LA
COMBINACION DE PAQUETES
END DO

!write(6,*)"
!write(6,*)'PAQUETE DE ENERGIA',PaqueteE
!write(6,*)"
!write(6,*)'PAQUETE DE CEL',PaqueteC

SumPaqueteFechaantC=0
SumPaqueteFechedespC=0
DO i=1, NPAQUETES
SumPaqueteFechaantC=(PAQUETEPECA(i,3)*FECHALRRANT(i))
+(SumPaqueteFechaantC)
                                !CALCULA LA ENERGIA TOTAL DE LA
COMBINACION DE PAQUETES Y LA FECHA IRREGULAR
ANTES
SumPaqueteFechedespC=(PAQUETEPECA(i,3)*FECHALRRDESP(i))
+(SumPaqueteFechedespC)
                                !CALCULA LOS CEL TOTALES DE LA
COMBINACION DE PAQUETES
END DO

!write(6,*)"
!write(6,*)'PAQUETE DE CEL CON FECHA IRR
ANTES',SumPaqueteFechaantC
!write(6,*)"
!write(6,*)'PAQUETE DE CEL CON FECHA ISS
DESPUES',SumPaqueteFechedespC

PaqueteP1=0
PaqueteP2=0
PaqueteP3=0
DO i=1, NPAQUETES
                                IF((ZPV(i)).EQ.1)THEN
PaqueteP1=(PAQUETEPECA(i,1))
+(PaqueteP1)
                                !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA ZONA "SIN" DE LA
COMBINACION DE PAQUETES
                                END IF

                                IF((ZPV(i)).EQ.2)THEN
PaqueteP2=(PAQUETEPECA(i,1))
+(PaqueteP2)
                                !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA ZONA "SIBC" DE LA
COMBINACION DE PAQUETES
                                END IF

                                IF((ZPV(i)).EQ.3)THEN
PaqueteP3=(PAQUETEPECA(i,1))
+(PaqueteP3)
                                !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA ZONA "SIBCS" DE LA
COMBINACION DE PAQUETES
                                END IF
END DO

!write(6,*)"
!write(6,*)'PAQUETE DE POTENCIA ZONA 1',PaqueteP1
!write(6,*)"
!write(6,*)'PAQUETE DE POTENCIA ZONA 2',PaqueteP2
!write(6,*)"
!write(6,*)'PAQUETE DE POTENCIA ZONA 3',PaqueteP3

SumPaqueteFechaant1=0

```

```

SumPaqueteFechaant2=0
SumPaqueteFechaant3=0
DO i=1, NPAQUETES
    IF((ZPV(i)).EQ.1)THEN

        SumPaqueteFechaant1=(PAQUETEPECA(i,1)*FECHALR
RANT(i)) +(SumPaqueteFechaant1)
        !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA ZONA
        "SIN" DE LA COMBINACION DE PAQUETES CON FECHA IRR
        END IF

        IF((ZPV(i)).EQ.2)THEN

            SumPaqueteFechaant2=(PAQUETEPECA(i,1)*FECHALR
RANT(i)) +(SumPaqueteFechaant2)
            !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA ZONA
            "SIBC" DE LA COMBINACION DE PAQUETES CON
            FECHA IRR
            END IF

            IF((ZPV(i)).EQ.3)THEN

                SumPaqueteFechaant3=(PAQUETEPECA(i,1)*FECHALR
RANT(i)) +(SumPaqueteFechaant3)
                !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA ZONA
                "SIBCS" DE LA COMBINACION DE PAQUETES CON FECHA IRR
                END IF
            END DO

!write(6,*)"
!write(6,*)PAQUETE DE POTENCIA ZONA 1 CON FECHA IRR
ANTES',SumPaqueteFechaant1
!write(6,*)"
!write(6,*)PAQUETE DE POTENCIA ZONA 2 CON FECHA IRR
ANTES',SumPaqueteFechaant2
!write(6,*)"
!write(6,*)PAQUETE DE POTENCIA ZONA 3 CON FECHA IRR
ANTES',SumPaqueteFechaant3

SumPaqueteFechadesp1=0
SumPaqueteFechadesp2=0
SumPaqueteFechadesp3=0
DO i=1, NPAQUETES
    IF((ZPV(i)).EQ.1)THEN

        SumPaqueteFechadesp1=(PAQUETEPECA(i,1)*FECHAL
RRDESP(i)) +(SumPaqueteFechadesp1)
        !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA
        ZONA "SIN" DE LA COMBINACION DE PAQUETES CON FECHA
        IRR
        END IF

        IF((ZPV(i)).EQ.2)THEN

            SumPaqueteFechadesp2=(PAQUETEPECA(i,1)*FECHAL
RRDESP(i)) +(SumPaqueteFechadesp2)
            !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA
            ZONA "SIBC" DE LA COMBINACION DE PAQUETES CON
            FECHA IRR
            END IF

            IF((ZPV(i)).EQ.3)THEN

                SumPaqueteFechadesp3=(PAQUETEPECA(i,1)*FECHAL
RRDESP(i)) +(SumPaqueteFechadesp3)
                !CALCULA LA POTENCIA TOTAL DE LA
                ZONA "SIBCS" DE LA COMBINACION DE PAQUETES CON
                FECHA IRR
                END IF
            END DO

```

```

END DO

!write(6,*)"
!write(6,*)PAQUETE DE POTENCIA ZONA 1 CON FECHA IRR
DESPUES',SumPaqueteFechadesp1
!write(6,*)"
!write(6,*)PAQUETE DE POTENCIA ZONA 2 CON FECHA IRR
DESPUES',SumPaqueteFechadesp2
!write(6,*)"
!write(6,*)PAQUETE DE POTENCIA ZONA 3 CON FECHA IRR
DESPUES',SumPaqueteFechadesp3

!PRIMERA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
    A(1,i)=0.0
    END DO

P=0
DO i=1, NVAR
    P=P+1

    IF(P.EQ.2)THEN
        A(1,i)=1
        END IF

    IF(P.EQ.3)THEN
        P=0
        END IF
    END DO
    B(1)=PaqueteE
    !PRIMERA RESTRICCION***

    !SEGUNDA RESTRICCION***
    DO i=1, NVAR
        A(2,i)=0.0
        END DO

    P=0
    DO i=1, NVAR
        P=P+1

        IF(P.EQ.3)THEN
            A(2,i)=1
            END IF

        IF(P.EQ.3)THEN
            P=0
            END IF
        END DO
        B(2)=PaqueteC
        !SEGUNDA RESTRICCION***

        !TERCERA RESTRICCION***
        DO i=1, NVAR
            A(3,i)=0.0
            END DO

        P=0
        j=0
        DO i=1, NVAR
            P=P+1

            IF(P.EQ.1)THEN
                j=j+1
                END IF

            IF(P.EQ.1)THEN
                IF((ZPC(j)).EQ.1)THEN
                    !SI PERTENECE A SNI
                    A(3,i)=1
                    END IF
                END IF
            END IF

```

```

                IF(P.EQ.3)THEN
                P=0
                END IF

END DO
B(3)=PaqueteP1
!TERCERA RESTRICCION***

!CUARTA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(4,i)=0.0
END DO

P=0
j=0
DO i=1, NVAR
P=P+1

                IF(P.EQ.1)THEN
                j=j+1
                END IF

                IF(P.EQ.1)THEN
                        IF((ZPC(j)).EQ.2)THEN
!SI PERTENECE A SNIBC
                        A(4,i)=1
                        END IF
                END IF

                IF(P.EQ.3)THEN
                P=0
                END IF

END DO
B(4)=PaqueteP2
!CUARTA RESTRICCION***

!QUINTA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(5,i)=0.0
END DO

P=0
j=0
DO i=1, NVAR
P=P+1

                IF(P.EQ.1)THEN
                j=j+1
                END IF

                IF(P.EQ.1)THEN
                        IF((ZPC(j)).EQ.3)THEN
!SI PERTENECE A SNIBCS
                        A(5,i)=1
                        END IF
                END IF

                IF(P.EQ.3)THEN
                P=0
                END IF

END DO
B(5)=PaqueteP3
!QUINTA RESTRICCION***

!SEXTA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(6,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
                IF(A(3,i).EQ.1)THEN
                A(6,i)=(KFechalrrAntP)
                END IF

END DO
B(6)=(SumPaqueteFechaant1)
!SEXTA RESTRICCION***

!SEPTIMA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(7,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
                IF(A(4,i).EQ.1)THEN
                A(7,i)=(KFechalrrAntP)
                END IF

END DO
B(7)=(SumPaqueteFechaant2)
!SEPTIMA RESTRICCION***

!OCTAVA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(8,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
                IF(A(5,i).EQ.1)THEN
                A(8,i)=(KFechalrrAntP)
                END IF

END DO
B(8)=(SumPaqueteFechaant3)
!OCTAVA RESTRICCION***

!NOVENA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(9,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
                IF(A(3,i).EQ.1)THEN CALL SSCAL (NVAR, -1.0E0, C,
                1)

CALL DLPRS
(M,NVAR,A,LDA,B,B,C,IRTYPE,XLB,XUB,OBJ,XSOL,DSOL)

OBJ=-OBJ

CALL SSCAL (M, -1.0E0, DSOL, 1)

CALL UMACH (2, NOUT)

OBJ=OBJ-SUMPRECIOPAQUETE

DO i=1, NVAR
IF(XSOL(i).NE.0)THEN
COMPRASSUMINISTRADAS(G)=COMPRASSUMINISTRADAS(G
)+1
END IF
END DO

OBJETIVOS(G)=OBJ

!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!RESULTADOS
IF(G.EQ.3766144)THEN
write(6,*)'HOLA'
WRITE(32,*)'COMBINACION',G
write(32,'(12(I2))')(U(j,G),j=1,NPAQUETES)
WRITE(32,*)'COMPRAS
SUMINISTRADAS',COMPRASSUMINISTRADAS(G)
WRITE(32,*)'OBJETIVO',OBJ

WRITE(32,*)'PRIMAL SOLUCION'

```

```

P=1
j=0
DO i=1, NVAR
j=j+1
    IF(j.EQ.3)THEN
        j=0
        END IF

    IF(j.EQ.0)THEN
        write(32,*)P,XSOL(i-2),XSOL(i-1),XSOL(i)

        P=P+1
        END IF
END DO
write(6,*)'ADIOS'
STOP
END IF

    A(9,i)=(KFechalrrDespP)
    END IF

END DO
B(9)=(SumPaqueteFechadesp1)
!NOVENA RESTRICCION***

!DECIMA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(10,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
    IF(A(4,i).EQ.1)THEN
        A(10,i)=(KFechalrrDespP)
        END IF
END DO
B(10)=(SumPaqueteFechadesp2)
!DECIMA RESTRICCION***

!ONCEAVA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(11,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
    IF(A(5,i).EQ.1)THEN
        A(11,i)=(KFechalrrDespP)
        END IF
END DO
B(11)=(SumPaqueteFechadesp3)
!ONCEAVA RESTRICCION***

!DOCEAVA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(12,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
    IF(A(2,i).EQ.1)THEN
        A(12,i)=(KFechalrrAntC)
        END IF
END DO
B(12)=(SumPaqueteFechaantC)
!DOCEAVA RESTRICCION***

!TRECEAVA RESTRICCION***
DO i=1, NVAR
A(13,i)=0.0
END DO

DO i=1, NVAR
    IF(A(2,i).EQ.1)THEN
        A(13,i)=(KFechalrrDespC)
        END IF
END DO
B(13)=(SumPaqueteFechadespC)
!TRECECEAVA RESTRICCION***
!*****CALCULO DE
LA MATRIZ A Y VECTOR B DE RESTRICCIONES

SUMPRECIOPAQUETE=0
DO i=1, NPAQUETES
SUMPRECIOPAQUETE=(PRECIOPAQUETE(i)*U(i,G))+SUMPREC
IOPAQUETE
END DO
DO i=1,NVAR
C(i)=-C(i)

    !AJUSTE DE PARAMETRO MODIFICADO POR LA
MAXIMIZACION DE LA FUNCION PARA LA PROXIMA
ITERACION

END DO

END DO
MEJOR=1
DO j=1,R

IF(COMPRASSUMINISTRADAS(j).GT.COMPRASSUMINISTRAD
AS(MEJOR))THEN
    mejor=j
    END IF
END DO

write(20,*)'MAXIMO NUMERO DE COMPRAS
SATISFECHAS',COMPRASSUMINISTRADAS(MEJOR)
!!IMPRIME MEJORES RESULTADOS
write(20,*)"

DO j=1,R

IF(COMPRASSUMINISTRADAS(j).EQ.COMPRASSUMINISTRAD
AS(MEJOR))THEN
    write(20,*)"
    WRITE(20,*)'COMBINACION',j
    write(20,*(12(I2))) (U(i,j),i=1,NPAQUETES)
    WRITE(20,*)'COMPRAS
SUMINISTRADAS',COMPRASSUMINISTRADAS(j)
    WRITE(20,*)'OBJETIVO',OBJETIVOS(j)
    WRITE(20,*)"
    END IF
END DO

write(6,*)"
write(6,*)'DESEAS OBSERVAR COMBINACIONES EN
ESPECIAL? SI(1) NO(0)'
READ(*,*)I

IF(I.EQ.1)THEN
    write(6,*)'CUANTAS COMBINACIONES DESEAS OBSERVAR'
    READ(*,*)ESP

    ALLOCATE(COMESPECIALES(ESP))

    DO J=1,ESP
        write(6,*)'INGRESA NUMERO DE COMBINACION',J
        READ(*,*)COMESPECIALES(J)
        END DO

```

```

DO J=1,ESP
    write(30,*)'COMBINACION',COMESPECIALES(J)
!IMPRIME MEJORES RESULTADOS
    write(30,*)"
    write(30,'(12(I2))')(U(i,COMESPECIALES(J)),i=1,NPAQ
UETES)
    WRITE(30,*)'COMPRAS
SUMINISTRADAS',COMPRASUMINISTRADAS(COMESPECIAL
ES(J))
    WRITE(30,*)'OBJETIVO',OBJETIVOS(COMESPECIAL
ES(J))
    WRITE(30,*)"
    write(6,*)'EL ARCHIVO CON SUS REQUERIMIENTOS
ES "ESPECIAL.DAT"'
END DO
END IF

END PROGRAM

```

module mdata01

```

IMPLICIT NONE

```

```

!OPTIMIZACION
INTEGER LDA, NCON, NVAR, M

```

```

INTEGER NOUT
REAL OBJ
REAL, ALLOCATABLE::A(:,,:), B(:, XLB(:), XUB(:), C(:), XSOL(:),
DSOL(:)
INTEGER, ALLOCATABLE::IRTYPE(:)
!CODIGO
INTEGER G,H,P,T,R,i,j,NCOM, NPAQUETES, MEJOR, ESP

```

```

REAL PaqueteE, PaqueteC, PaqueteP1, PaqueteP2, PaqueteP3,
KFechalrrAntP, KFechalrrDespP, KFechalrrAntC, KFechalrrDespC,
SumPaqueteFechaant1, SumPaqueteFechaant2, SumPaqueteFechaant3
REAL SumPaqueteFechedesp1, SumPaqueteFechedesp2,
SumPaqueteFechedesp3, SumPaqueteFechaantC,
SumPaqueteFechedespC, SUMPRECIOPAQUETE
REAL, ALLOCATABLE::PRECIOPEC(:,,:), PRECIOPAQUETE(:),
PAQUETEPEC(:,,:), PRECIOPAQUETEA(:),
PAQUETEPECA(:,,:),OBJETIVOS(:)!DATOS OPTIMIZACION
INTEGER,
ALLOCATABLE::U(:,,:),ZPC(:),ZPV(:),FECHALRRANT(:),FECHAL
RRDESP(:),COMPRASUMINISTRADAS(:),COMESPECIALES(:)
!DATOS OPTIMIZACION

end module mdata01

```

APÉNDICE Ñ “CODIGO SUBASTAS DE MEDIANO PLAZO.”

```
PROGRAM SIMPLEX
USE MSIMSL

IMPLICIT NONE

!OPTIMIZACION

INTEGER LDA, M, NVAR
INTEGER I, J, NOUT
INTEGER, ALLOCATABLE::IRTYPE(:)
REAL OBJ
REAL, ALLOCATABLE::A(:, :), B(:, :), C(:, :), DSOL(:, :), XLB(:, :), XUB(:, :),
XSOL(:, :),

!Participantes
Integer NumERC, NumLIC

write(6,*)
write(6,*) '          INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL'
write(6,*) '          ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA
MECANICA Y ELECTRICA'
write(6,*) '          SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
INVESTIGACION'
write(6,*) '          MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA
ELECTRICA'
write(6,*) ' '
write(6,*) '          SUBASTAS DE ENERGIA A MEDIO PLAZO EN EL
MERCADO ELECTRICO MEXICANO'
write(6,*) ' '
write(6,*) '          ING. RODRIGUEZ RESENDIZ IVAN'
write(6,*) ' '
write(6,*) '          ASESORES - DR JAIME ROBLES GARCIA   DR
RICARDO MOTA PALOMINO'
write(6,*) ' '
write(6,*) ' '

OPEN(UNIT=1,FILE='1DATOS_LECTURA.DAT')

OPEN(UNIT=11,FILE='2ESC_COMPRA.DAT')
OPEN(UNIT=111,FILE='3P_PCOMPR.DAT')
OPEN(UNIT=1111,FILE='4P_MCOMPR.DAT')
OPEN(UNIT=11111,FILE='5P_BCOMPR.DAT')

OPEN(UNIT=2,FILE='6P_FVENTA.DAT')
OPEN(UNIT=21,FILE='7P_PVENTA.DAT')
OPEN(UNIT=211,FILE='8P_MVENTA.DAT')
OPEN(UNIT=2111,FILE='9P_BVENTA.DAT')

OPEN(UNIT=31,FILE='10POT_ESC_COMPRA.DAT')
OPEN(UNIT=311,FILE='11POT_PCOMPR.DAT')
OPEN(UNIT=3111,FILE='12POT_MCOMPR.DAT')
OPEN(UNIT=31111,FILE='13POT_BCOMPR.DAT')

OPEN(UNIT=41,FILE='14POT_FVENTA.DAT')
OPEN(UNIT=42,FILE='15POT_PVENTA.DAT')
OPEN(UNIT=43,FILE='16POT_MVENTA.DAT')
OPEN(UNIT=44,FILE='17POT_BVENTA.DAT')

OPEN(UNIT=100,FILE='18_RESULTADOS.DAT')

M=4
LDA=M !numero restricciones
```

```
READ(1,*)NumERC
READ(1,*)NumLIC
NVAR=(5*NumERC)+(3*NumERC)+(4*NumLIC)

ALLOCATE(A(LDA,NVAR),B(M),C(NVAR),DSOL(M),XLB(NVAR),
XUB(NVAR),XSOL(NVAR),IRTYPE(M))

DO I=1,(5*NumERC)
READ(11,*)C(I)      !!!!LECTURA DE LOS ESCALONES DE
COMPRA 5 ESCALONES POR ERC (PRECIO)
END DO

DO I=(5*NumERC)+1,(5*NumERC)+(NumERC)
READ(111,*)C(I)      !!!LECTURA PRECIO PICO COMPRA
END DO

DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
READ(1111,*)C(I)      !!!LECTURA PRECIO MEDIA COMPRA
END DO

DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
READ(11111,*)C(I)      !!!LECTURA PRECIO BASE COMPRA
END DO

DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)
READ(2,*)C(I)          !!!LECTURA PRECIO FIJO VENTA
C(I)=-C(I)
END DO

DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
READ(21,*)C(I)          !!!LECTURA PRECIO PICO VENTA
C(I)=-C(I)
END DO

DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
READ(211,*)C(I)          !!!LECTURA PRECIO MEDIA VENTA
C(I)=-C(I)
END DO

DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(4*(NumLIC))
READ(2111,*)C(I)          !!!LECTURA PRECIO BASE VENTA
C(I)=-C(I)
END DO

XLB=0

DO I=1,(5*NumERC)
READ(31,*)XUB(I)      !!!!LECTURA DE LOS ESCALONES DE
COMPRA 5 ESCALONES POR ERC (POTENCIA)
END DO

DO I=(5*NumERC)+1,(5*NumERC)+(NumERC)
READ(311,*)XUB(I)      !!!LECTURA POTENCIA PICO COMPRA
END DO

DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
READ(3111,*)XUB(I)      !!!LECTURA POTENCIA MEDIA
COMPRA
```

```

END DO

DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
READ(31111,*)XUB(I) !!!LECTURA POTENCIA BASE COMPRA
END DO

DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)
READ(41,*)XUB(I) !!!LECTURA PRECIO FIJO VENTA
END DO

DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
READ(42,*)XUB(I) !!!LECTURA PRECIO PICO VENTA
END DO

DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
READ(43,*)XUB(I) !!!LECTURA PRECIO MEDIA VENTA
END DO

DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(4*(NumLIC))
READ(44,*)XUB(I) !!!LECTURA PRECIO BASE VENTA
END DO

DO I=1,NVAR !CURVA
A(1,I)=0
END DO
DO I=1,(5*NumERC)
A(1,I)=1.0
END DO
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)
A(1,I)=-1.0
END DO
B(1)=0
IRTYPE(1)=0

DO I=1,NVAR !PICO
A(2,I)=0
END DO
DO I=(5*NumERC)+1,(5*NumERC)+(NumERC)
A(2,I)=1.0
END DO
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
A(2,I)=-1.0
END DO
B(2)=0
IRTYPE(2)=0

DO I=1,NVAR !MEDIA
A(3,I)=0
END DO
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
A(3,I)=1.0
END DO
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
A(3,I)=-1
END DO
B(3)=0
IRTYPE(3)=0

DO I=1,NVAR !BASE
A(4,I)=0
END DO
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
A(4,I)=1.0
END DO
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(4*(NumLIC))
A(4,I)=-1
END DO
B(4)=0
IRTYPE(4)=0

CALL SSCAL(NVAR,-1.0E0,C,1)

CALL DLPRS
(M,NVAR,A,LDA,B,B,C,IRTYPE,XLB,XUB,OBJ,XSOL,DSOL)
CALL UMACH(2,NOUT)

OBJ=-OBJ

CALL SSCAL(M,-1.0E0,DSOL,1)

WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)"FUNCION OBJETIVO',OBJ
WRITE(6,*)"

WRITE(6,*)"CURVA DE POTENCIA, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(1)
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)"OFERTAS DE COMPRA'
DO I=1,(5*NumERC)
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)"OFERTAS DE VENTA'
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"

WRITE(6,*)"ENERGIA EN DEMANDA PICO, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(2)
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)"OFERTAS DE COMPRA'
DO I=(5*NumERC)+1,(5*NumERC)+(NumERC)
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)"OFERTAS DE VENTA'
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"

```

```
WRITE(6,*)'ENERGIA EN DEMANDA MEDIA, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(3)
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)'OFERTAS DE COMPRA'
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)'OFERTAS DE VENTA'
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"
```

```
WRITE(6,*)'ENERGIA EN DEMANDA BASE, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(4)
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)'OFERTAS DE COMPRA'
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)'OFERTAS DE VENTA'
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(4*(NumLIC))
WRITE(6,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(6,*)"
```

```
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'FUNCION OBJETIVO',OBJ
WRITE(100,*)"
```

```
WRITE(100,*)'CURVA DE POTENCIA, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(1)
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE COMPRA'
DO I=1,(5*NumERC)
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE VENTA'
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
```

```
WRITE(100,*)'ENERGIA EN DEMANDA PICO, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(2)
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE COMPRA'
DO I=(5*NumERC)+1,(5*NumERC)+(NumERC)
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE VENTA'
```

```
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumLIC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
```

```
WRITE(100,*)'ENERGIA EN DEMANDA MEDIA, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(3)
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE COMPRA'
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE VENTA'
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(2*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
```

```
WRITE(100,*)'ENERGIA EN DEMANDA BASE, PRECIO DE
CIERRE:',DSOL(4)
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE COMPRA'
DO I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
WRITE(100,*)'OFERTAS DE VENTA'
DO
I=(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(3*(NumLIC))
+1
,(5*NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(NumERC)+(4*(NumLIC))
WRITE(100,*)XSOL(i)
END DO
WRITE(100,*)"
```

APÉNDICE O “CODIGO DESPACHO ECONOMICO 1 HORA.”

```
PROGRAM DERS
```

```
USE MSIMSL
```

```
IMPLICIT NONE
```

```
!VARIABLES AUXILIARES
```

```
INTEGER I,J,W
```

```
REAL pruebas
```

```
!DATOS GENERALES
```

```
INTEGER Numnodos, Nummaquinas, Numelementos, Numzonas,
```

```
Numrestricciones, Slack
```

```
!DATOS DE LA RED LINEAS
```

```
INTEGER, ALLOCATABLE::ELEMENTO(:),NE(:), NR(:)
```

```
REAL, ALLOCATABLE::RSE(:),XSE(:),LIMITE(:)
```

```
!DATOS DE LA RED NODOS
```

```
INTEGER, ALLOCATABLE::NODO(:),MAQ(:),ZONA(:)
```

```
REAL, ALLOCATABLE::POT(:),FACLOSS(:)
```

```
!FLUJOS DE POTENCIA EN CD
```

```
REAL,
```

```
ALLOCATABLE::BMATRIZ(:,),PCD(:),TETA(:),POTDEIAJ(:)
```

```
!OPTIMIZACION
```

```
INTEGER LDA, NVAR,LDANK
```

```
INTEGER NOUT,KI,KF
```

```
REAL OBJ
```

```
REAL, ALLOCATABLE::A(:,), BL(:,), BU(:,), C(:,), DSOL(:), XLB(:),
```

```
XUB(:), XSOL(:),AWK(:,),WK(:) !AWK, WK Y IWK SON PARA
```

```
DOBLE PRECISION
```

```
INTEGER, ALLOCATABLE::IRTYPE(:), IWK(:)
```

```
!INVERSION DE MATRIZ
```

```
INTEGER LDINV, LDAR, N, TI
```

```
REAL, ALLOCATABLE::AINV(:,),WKINV(:) !TI,WKINV Y
```

```
IWKINV SON PARA DOBLE PRECISION.
```

```
INTEGER, ALLOCATABLE::IWKINV(:)
```

```
!FACTORES DE SENCIBILIDAD
```

```
REAL, ALLOCATABLE::FACSENS(:,)
```

```
!DESPACHO
```

```
REAL DEMANDA,GENERACION
```

```
REAL,
```

```
ALLOCATABLE::FACLOSSMAQ(:),PMAQ(:),OPERACIONMAQ(:)
```

```
!CONGESTION
```

```
INTEGER, ALLOCATABLE::LVIOLADA(:)
```

```
!CENTRALES MUST RUN
```

```
REAL, ALLOCATABLE::PMAQ(:),PMIN(:)
```

```
INTEGER, ALLOCATABLE::MUSTR(:),MUSTR2(:)
```

```
!RESERVAS
```

```
REAL PMAXROD,RESFRI
```

```
!PML
```

```
REAL CENE
```

```
INTEGER, ALLOCATABLE::ESCMR(:),ESCMR2(:)
```

```
REAL, ALLOCATABLE::CLOSS(:),CCONG(:)
```

```
OPEN(UNIT=10,FILE='PRUEBAS.DAT')
```

```
OPEN(UNIT=1,FILE='1DATOS_GENERALES.DAT')
```

```
OPEN(UNIT=11,FILE='2REDLINEAS.DAT')
```

```
OPEN(UNIT=111,FILE='3REDNODOS.DAT')
```

```
OPEN(UNIT=2,FILE='4LIMITES_INF.DAT')
```

```
OPEN(UNIT=21,FILE='5LIMITES_SUP.DAT')
```

```
OPEN(UNIT=211,FILE='6COSTOS.DAT')
OPEN(UNIT=3,FILE='7ASIGNACIONUNL.DAT')
OPEN(UNIT=31,FILE='8LIMITESMAQUINAS.DAT')
OPEN(UNIT=311,FILE='9RESPML.DAT')
OPEN(UNIT=4,FILE='10RESMAQ.DAT')
OPEN(UNIT=41,FILE='7POTNODAL.DAT')
```

```
OPEN(UNIT=55,FILE='0_Archivo_pruebas.DAT')
```

```
write(6,*)
```

```
write(6,*) ' INSTITUTO POLITECNICO NACIONAL'
```

```
write(6,*) ' ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERIA
```

```
MECANICA Y ELECTRICA'
```

```
write(6,*) ' SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E
```

```
INVESTIGACION'
```

```
write(6,*) ' MAESTRIA EN CIENCIAS EN INGENIERIA
```

```
ELECTRICA'
```

```
write(6,*) ''
```

```
write(6,*) ' DESPACHO ECONOMICO EN EL MEM'
```

```
write(6,*) ''
```

```
write(6,*) ' ING. RODRIGUEZ RESENDIZ IVAN'
```

```
write(6,*) ''
```

```
write(6,*) ' ASESORES - DR JAIME ROBLES GARCIA DR
```

```
RICARDO MOTA PALOMINO'
```

```
write(6,*)''
```

```
write(6,*)''
```

```
READ(1,*)Numnodos
```

```
READ(1,*)Numelementos
```

```
READ(1,*)Nummaquinas
```

```
READ(1,*)Numzonas
```

```
READ(1,*)Numrestricciones
```

```
READ(1,*)Slack
```

```
NVAR=11*Nummaquinas
```

```
LDA=Numrestricciones
```

```
KI=Numrestricciones*(Numrestricciones+28)
```

```
KF=(29*Numrestricciones)+(3*NVAR)
```

```
LDANK=1
```

```
LDAR=Numnodos-1
```

```
LDINV=Numnodos-1
```

```
N=Numnodos-1
```

```
TI=((Numnodos-1)+(Numnodos-1)*((Numnodos-1)-1)/2)
```

```
ALLOCATE(ELEMENTO(Numelementos),NE(Numelementos),NR(N
```

```
umelementos),RSE(Numelementos),XSE(Numelementos),LIMITE(Nu
```

```
melementos))
```

```
ALLOCATE(NODO(Numnodos),MAQ(Numnodos),ZONA(Numnodos)
```

```
),POT(Numnodos),FACLOSS(Numnodos))
```

```
ALLOCATE(A(Numrestricciones,NVAR),BL(Numrestricciones),BU(
```

```
Numrestricciones),C(NVAR),DSOL(Numrestricciones),XLB(NVAR),
```

```
XUB(NVAR),XSOL(NVAR),IRTYPE(Numrestricciones),AWK(1,1),
```

```
WK(KI),IWK(KF))
```

```
ALLOCATE(BMATRIZ(Numnodos-1,Numnodos-1),PCD(Numnodos-
```

```
1),TETA(Numnodos-1),POTDEIAJ(Numelementos))
```

```
ALLOCATE(AINV(Numnodos-1,Numnodos-
```

```
1),WKINV(TI),IWKINV(Numnodos-1))
```

```
ALLOCATE(FACSENS(Numelementos,Numnodos))
```

```
ALLOCATE(FACLOSSMAQ(Nummaquinas),PMAQ(Nummaquinas),
```

```
OPERACIONMAQ(Nummaquinas))
```

```
ALLOCATE(LVIOLADA(Numelementos))
```

```
ALLOCATE(PMAX(Nummaquinas),PMIN(Nummaquinas),MUSTR(N
```

```
ummaquinas),MUSTR2(Nummaquinas))
```

```
ALLOCATE(ESCMR(NVAR),ESCMR2(NVAR),CLOSS(Numnodos),
```

```
CCONG(Numnodos))
```

```
NE=0
```

```
!***** *LECTURA DE DATOS
```

```
ELEMENTO=0
```

```

NR=0
RSE=0
XSE=0
LIMITE=0
NODO=0
MAQ=0
ZONA=0
POT=0
FACLOSS=0
BMATRIZ=0
FACSENS=0.0
DEMANDA=0.0
FACLOSS=0
MUSTR=0
ESCMR=0

DO I=1, Numelementos
READ(11,*)ELEMENTO(I),NE(I),NR(I),RSE(I),XSE(I),LIMITE(I)
      !LECTURA ELEMENTOS DE LA RED-LINEAS
END DO

DO I=1, Numnodos
READ(111,*)NODO(I),MAQ(I),ZONA(I),FACLOSS(I)
      !LECTURA ELEMENTOS DE LA RED-NODOS
END DO

DO I=1, Numnodos
READ(41,*)POT(I)          !LECTURA DE LA POTENCIA
NODAL CERO
END DO

DO I=1, Nummaquinas
READ(3,*)OPERACIONMAQ(I) !LECTURA NUMERO DE
MAQUINA Y ESTADO DE LA MAQUINA
END DO

DO I=1, NVAR
READ(2,*)XLB(I)          !LECTURA LIMITES INFERIORES
END DO

DO I=1, NVAR
READ(21,*)XUB(I)         !LECTURA LIMITES SUPERIORES
END DO

DO I=1, NVAR
READ(211,*)C(I)          !LECTURA DE COSTOS.
END DO

DO I=1, Nummaquinas
READ(31,*)PMAQ(I),PMAQ(I) !LECTURA LIMITES DE LAS
MAQUINAS
END DO

DO I=1, Numnodos
DEMANDA=DEMANDA+POT(I)
END DO

DO I=1, Numnodos
      IF(MAQ(I).NE.0)THEN
            FACLOSSMAQ(MAQ(I))=FACLOSS(I)

      END IF
END DO
!***** **LECTURA DE DATOS

!***** **ASIGNACION DE UNIDADES
J=0
W=1
DO I=1, NVAR

J=J+1

IF(J.LE.11)THEN
      XLB(I)=XLB(I)*OPERACIONMAQ(W)
      XUB(I)=XUB(I)*OPERACIONMAQ(W)
END IF

IF(J.EQ.11)THEN
      W=W+1
      J=0
END IF
END DO
!***** **ASIGNACION DE UNIDADES
!***** **FORMAR MATRIZ B
DO I=1, Numelementos      !ELABORACION DE LA
MATRIZ "B" ELEMENTOS FUERA DE LA DIAGONAL
      IF(NE(I).EQ.Slack)THEN
      ELSE
            IF(NR(I).EQ.Slack)THEN
            ELSE
                  BMATRIZ(NR(I),NR(I))=-(1/XSE(I))

            BMATRIZ(NR(I),NE(I))=BMATRIZ(NE(I),NR(I))
            END IF
            END IF
END DO

DO I=1, Numnodos-1      !ELABORACION
DE LA MATRIZ "B" ELEMENTOS DE LA DIAGONAL
      DO J=1, Numelementos
            IF(NE(J).EQ.I)THEN
                  BMATRIZ(I,I)=(1/XSE(J)) + BMATRIZ(I,I)
            END IF
            IF(NR(J).EQ.I)THEN
                  BMATRIZ(I,I)=(1/XSE(J)) + BMATRIZ(I,I)
            END IF
            END DO
END DO
!***** **FORMAR MATRIZ B

!***** **CALCULO FACTORES DE SENSIBILIDAD
CALL L2NRG (N, BMATRIZ, LDAR, AINV, LDAINV, WKINV,
IWKINV) !-----INVERSION DE LA BMATRIZ

DO I=1, Numelementos
      DO J=1, Numnodos
            IF(J.EQ.Slack)THEN
            ELSE
                  IF(NE(I).EQ.Slack)THEN
                        FACSENS(I,J)=(-
AINV(NR(I),J))*(1/XSE(I))
                  ELSE
                        IF(NR(I).EQ.SLACK)THEN
                        FACSENS(I,J)=(AINV(NE(I),J))*(1/XSE(I))
                        ELSE
                              FACSENS(I,J)=(AINV(NE(I),J)-
AINV(NR(I),J))*(1/XSE(I))
                        END IF
                        END IF
                  END IF
            END IF
            END DO
END DO

!15 FORMAT F1.15
!DO I=1, Numnodos

```

```

!      write(55,(2X,F20.17))FACSENS(152,I)
!END DO
!***** *****CALCULO FACTORES DE SENSIBILIDAD
!***** *****PRIMERA RESTRICION
DO I=1, NVAR
    A(1,I)=1
END DO

    J=0
    W=1
    DO I=1, NVAR
        J=J+1

        IF(W.EQ.MAQ(SLACK))THEN
            EXIT
        ELSE

            IF(J.LE.11)THEN
                A(1,I)=(1-(FACLOSSMAQ(W)))
            END IF

            IF(J.EQ.11)THEN
                W=W+1
                J=0
            END IF
        END IF
    END DO

    IRTYPE(1)=0
    BL(1)=-DEMANDA
    BU(1)=-DEMANDA
!***** *****PRIMERA RESTRICION
!***** *****RESTRICION ADAPTABLE CONGESTION
!W=0
!DO I=1,54
!    DO J=1,11
!        W=W+1
!        A(2,W)=FACSENS(148,I)
!    END DO
!END DO

!PRUEBAS=0
!DO I=1,Numnodos
!PRUEBAS=(FACSENS(148,I)*POT(I))+PRUEBAS
!END DO
!WRITE(6,*)'POTENCIA CERO',PRUEBAS
!WRITE(6,*)LIMITE(46)
!LIMITE(148)=15.52

!    IRTYPE(2)=3
!    BL(2)=PRUEBAS-LIMITE(148)
!    BU(2)=PRUEBAS+LIMITE(148)
!*** *****RESTRICION ADAPTABLE CONGESTION
CALL D2PRS
(Numrestricciones,NVAR,A,LDA,BL,BU,C,IRTYPE,XLB,XUB,OBJ,
XSOL,DSOL,AWK,LDWK,WK,IWK)

CALL UMACH(2,NOUT)

!***** LLENADO DE VECTOR "P" CON POTENCIAS DE
LAS MAQUINAS Y CARGAS
J=0
W=1
PMAQ=0
DO I=1, NVAR
    J=J+1

    IF(J.LE.11)THEN
        PMAQ(W)=XSOL(I)+PMAQ(W)
    END IF

    IF(J.EQ.11)THEN
        W=W+1
        J=0
    END IF
END DO

W=W+1
J=0
END IF
END DO

DO I=1, Numnodos
    IF(MAQ(I).NE.0)THEN
        IF(NODO(I).NE.SLACK)THEN
            POT(I)=POT(I)+PMAQ(MAQ(I))
        END IF
    END IF
END DO

!***** *****LLENADO DE VECTOR "P" CON
POTENCIAS DE LAS MAQUINAS

!***** *****FLUJOS DE POTENCIA DE CD
DO I=1, Numnodos
    IF(I.NE.SLACK)THEN
        PCD(I)=POT(I)/100
    END IF
END DO

TETA=MATMUL(AINV,PCD)
!***** *****FLUJOS DE POTENCIA DE CD
!***** *****POTENCIAS EN LAS LINEAS
DO I=1, Numelementos
    IF(NE(I).EQ.SLACK)THEN
        POTDEIAJ(I)=(1/XSE(I))*((-
TETA(NR(I))))*100
    ELSE
        IF(NR(I).EQ.SLACK)THEN

            POTDEIAJ(I)=(1/XSE(I))*((TETA(NE(I))))*100
        ELSE

            POTDEIAJ(I)=(1/XSE(I))*((TETA(NE(I))-
TETA(NR(I))))*100
        END IF
    END IF
END DO

DO I=1,Numelementos
    IF(ABS(POTDEIAJ(I)).GT.LIMITE(I))THEN
        LVIOLADA(I)=1
    ELSE
        LVIOLADA(I)=0
    END IF
END DO

!***** *****POTENCIAS EN LAS LINEAS
!***** *****IDENTIFICACION CENTRALES
"PMIN"
DO I=1,Nummaquinas
    IF(PMAQ(I).GT.0)THEN
        IF(PMAQ(I).LE.PMIN(I))THEN
            MUSTR(I)=1
        END IF
    END IF
END DO
J=0
W=1
DO I=1, NVAR
    J=J+1

    IF(J.LE.11)THEN
        IF(MUSTR(W).EQ.1)THEN
            ESCMR(I)=1
        END IF
    END IF

    IF(J.EQ.11)THEN
        W=W+1
        J=0
    END IF
END DO

```

```

        W=W+1
        J=0
    END IF
END DO
!***** IDENTIFICACION CENTRALES "PMIN"
!***** IDENTIFICACION CENTRALES "PMAX"
DO I=1, Nummaquinas
    IF(PMAQ(I).GT.0)THEN
        IF(PMAQ(I).GE.(PMAX(I)-.001))THEN
            MUSTR2(I)=1
        END IF
    END IF
END DO

J=0
W=1
DO I=1, NVAR
    J=J+1
    IF(J.LE.11)THEN
        IF(MUSTR2(W).EQ.1)THEN
            ESCMR2(I)=1
        END IF
    END IF

    IF(J.EQ.11)THEN
        W=W+1
        J=0
    END IF
END DO
!***** IDENTIFICACION CENTRALES "PMAX"
!***** CALCULO RESERVA RODANTE
PMAXROD=0
DO I=1, Nummaquinas
    IF(PMAQ(I).NE.0)THEN
        PMAXROD=PMAXROD+PMAX(I)
    END IF
END DO
!***** CALCULO RESERVA RODANTE
!***** CALCULO RESERVA FRIA
RESFRI=0
DO I=1, Nummaquinas
    IF(PMAQ(I).EQ.0)THEN
        RESFRI=RESFRI+PMAX(I)
    END IF
END DO
!***** CALCULO RESERVA FRIA
!***** CALCULO COMPONENTE DE
ENERGIA
GENERACION=0
DO I=1, Nummaquinas
    GENERACION=GENERACION+PMAQ(I)
END DO

CENE=0
DO I=1, NVAR
    IF(ESCMR2(I).NE.1)THEN
        IF(ESCMR(I).NE.1)THEN
            IF(XSOL(I).GT.0.0)THEN

                IF(C(I).GT.CENE)THEN

                    CENE=C(I)
                END IF
            END IF
        END IF
    END IF
END DO
WRITE(6,*)CENE

```

```

!***** CALCULO COMPONENTE DE
ENERGIA
!***** CALCULO COMPONENTE DE
PERDIDAS
CLOSS=0
DO I=1, Numnodos
    IF(I.NE.SLACK)THEN
        IF(POT(I).GT.0)THEN
            CLOSS(I)=-FACLOSS(I)*(CENE)
        ELSE
            CLOSS(I)=FACLOSS(I)*(CENE)
        END IF
    END IF
END DO

!***** CALCULO COMPONENTE DE
PERDIDAS

!***** CALCULO COMPONENTE DE
CONGESTION
CCONG=0
!DO I=1, Numnodos
!CCONG(I)=FACSENS(148,I)*(DSOL(2))
!END DO

!WRITE(6,*)DSOL 2',DSOL(2)
!***** CALCULO COMPONENTE DE
CONGESTION
!***** IMPRESION DE RESULTADOS
WRITE(4,*)"
write(4,*) ' COSTO DE LA GENERACION =' ,obj
WRITE(4,*)"
WRITE(6,*) ' GENERACION =' ,GENERACION
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*) ' DEMANDA =' ,-DEMANDA
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*) ' PERDIDAS =' ,(GENERACION+DEMANDA)
WRITE(4,*)"
WRITE(4,*) ' RESERVA RODANTE =' ,(PMAXROD-
GENERACION)
WRITE(4,*)"
WRITE(4,*) ' RESERVA FRIA =' ,RESFRI
WRITE(4,*)"
WRITE(4,*) ' MAQUINA,' ' DESPACHO,'
UPLIFT(1=SI,0=NO)'
WRITE(4,*)"
DO I=1, Nummaquinas
WRITE(4,*) ' ,I,' ' ,PMAQ(I),' ' ,MUSTR(I)
END DO

WRITE(6,*)"
WRITE(6,*)"
WRITE(6,*) ' ELEMENTO,' ' POTENCIA,' ' LIMITE,'
VIOLACION (1=SI,0=NO)'
WRITE(6,*)"
DO I=1, Numelementos
WRITE(6,*) ' ,I,POTDEIAJ(I),LIMITE(I),LVIOLADA(I)
END DO
WRITE(6,*)"
WRITE(311,*)' NODO ENERGIA PERDIDAS
CONGESTION PML'
WRITE(311,*)"

DO I=1, Numnodos
    WRITE(311,*)I,CENE,CLOSS(I),-
    CCONG(I),(CENE+CLOSS(I)-CCONG(I))
END DO
!***** IMPRESION DE RESULTADOS
END PROGRAM

```