



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**“Procesamiento de la información para los
permisionarios de energía eléctrica en la Dirección de
Estadística y Balances Energéticos de la Secretaría de
Energía”**

**TESINA QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

P R E S E N T A :

GAMALIEL HERNÁNDEZ GARCÍA

DIRECTOR:

M.I. SUSANA CASY TÉLLEZ BALLESTEROS



CIUDAD UNIVERSITARIA, CDMX

2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Contenido

1	Introducción	3
1.1	Antecedentes	3
1.2	Problemática	4
1.3	Hipótesis	4
1.4	Objetivo	4
2	Permisarios de Energía Eléctrica	5
2.1	Definición de Permisario de Energía Eléctrica	5
2.2	Historia de los Permisarios de Energía Eléctrica	5
2.3	Tipos de tecnología en planta	7
2.4	Diagnóstico	8
2.4.1	Permisarios en operación por año	8
2.4.2	Permisarios por modalidad	8
2.4.3	Fecha del permiso	9
2.4.4	Número de permiso	9
2.4.5	Sector	9
2.4.6	Ubicación de planta	11
2.4.7	Tipo de planta	12
2.4.8	Capacidad autorizada	13
2.4.9	Capacidad en operación	14
2.4.10	Generación bruta o importación	17
2.4.11	Consumo de auxiliares	18
2.4.12	Generación neta	19
2.4.13	Excedentes a CFE	20
2.4.14	Consumo de combustibles	20
2.4.15	Eficiencia eléctrica y factor de planta	30
3	Marco teórico: Procesamiento de información	32
3.1	Inteligencia de negocios	33
3.2	Proceso de la inteligencia de negocios	33
3.3	Limpieza de una base de datos	34
4	Proceso general	37
4.1	Balance Nacional de Energía	37

4.2	Integración de la base de datos: Estandarización y homologación	39
4.2.1	Periodicidad trimestral.....	40
4.2.2	Homologación de datos	41
4.3	Revisión técnica	43
4.3.1	Parámetros de referencia	43
4.3.2	Estadísticos secundarios	47
4.3.3	Metodología.....	49
4.4	Revisión estadística	52
4.4.1	Metodología.....	52
4.4.2	Detección de datos atípicos	52
4.5	Cálculo de los requerimientos del Balance Nacional de Energía	55
5	Mejoras observadas en el cálculo de los requerimientos del Balance Nacional de Energía	58
6	Conclusiones	61
	Glosario de términos.....	62
	Anexo: ejemplos de cálculo de la Revisión Técnica	63
	Bibliografía	69

1 Introducción

1.1 Antecedentes

En la actualidad México ha iniciado una etapa en el sector energético en la que se permite la participación, a gran escala, de particulares en la generación, importación y exportación de energía eléctrica. Para conocer el comportamiento de este sector, así como para la toma de decisiones, los datos estadísticos oportunos, confiables y de calidad son indispensables.

Para el caso de México, es la Secretaría de Energía quien se encarga de la elaboración, actualización y publicación de las estadísticas energéticas nacionales, a través de la Dirección de Estadística y Balances Energéticos (DEBE). Dicha Dirección publica y reporta diferentes productos estadísticos como el Balance Nacional de Energía, Balance del Servicio Eléctrico Nacional, reportes estadísticos a la Agencia Internacional de Energía, reportes para la *Asia-Pacific Energy Cooperation*, entre otros.

Parte de la información que es procesada para su explotación por parte de esta Dirección es la relativa a los permisionarios de energía en sus diferentes modalidades. Esta información es requerida tanto para la elaboración del Balance Nacional de Energía, así como para los productos reportados a la Agencia Internacional de Energía referentes a electricidad.

De acuerdo al Balance Nacional de Energía 2014, los permisionarios de energía y los productores independientes de energía fueron los responsables de la producción del 43.1% del total nacional, con un crecimiento con respecto al año anterior de 12.3%.

Con base en dicha afirmación es fácil comprender la importancia sobre reportar datos estadísticos que sean confiables, oportunos y de calidad; puesto que el total de la producción de energía eléctrica y el crecimiento que presentan los permisionarios es cerca al cincuenta por ciento.

Para obtener los datos estadísticos reportados en el Balance Nacional de Energía 2014 se utilizó el método actual para procesar los datos proporcionados por la Comisión Reguladora de Energía (CRE), que es la institución responsable de otorgar los permisos de operación y dar seguimiento a las actividades de cada uno de los permisionarios.

Ante el nuevo panorama que se presenta en el sector energético en México con la entrada en vigor de la Reforma Energética, se espera que el número de permisionarios aumente y contribuyan en mayor proporción a la producción de energía eléctrica en el país; así pues, se presenta un reto de dimensiones considerables para la Dirección de Estadística y Balances Energéticos, puesto que su planta laboral, hasta diciembre de 2016, se encuentra compuesta por dos personas de planta que se encargan de otros temas además de las estadísticas energéticas nacionales. Cabe mencionar que también se cuenta con una planta variable de prestadores de servicio social y prácticas profesionales.

Debido a este panorama y a los errores detectados por los prestadores y los trabajadores de planta de la Dirección, se propuso realizar un diagnóstico y una propuesta para mejorar el procesamiento de la información estadística relacionada con los permisionarios de energía.

1.2 Problemática

No se cuenta con una base de datos confiable para llevar a cabo los reportes y publicación de estadísticas nacionales por parte de la Dirección de Estadística y Balances Energéticos (DEBE), perteneciente a la Secretaría de Energía.

1.3 Hipótesis

La aplicación de la limpieza de datos y el procesamiento de la información permitirá generar una base de datos confiable que mejorará la calidad de la información referente a los permisionarios de energía eléctrica reportada en el Balance Nacional de Energía.

1.4 Objetivo

Estructurar un procesamiento de información estadística ágil y oportuno a los requerimientos de la entidad gubernamental.

Desarrollar y describir el procesamiento de la información respectiva a los permisionarios de energía en las diferentes modalidades en que la Comisión Reguladora de Energía (CRE) reporta los datos a la Dirección de Estadística y Balances Energéticos, con la finalidad de asegurar la calidad de los productos estadísticos publicados y reportados por la DEBE.

Contar con información estadística confiable y completa sobre las actividades de generación de energía por parte de los permisionarios de energía eléctrica en sus diferentes modalidades.

2 Permisionarios de Energía Eléctrica

2.1 Definición de Permisionario de Energía Eléctrica

De acuerdo al Glosario de términos (Comisión Reguladora de Energía, 2016), se define al Permisionario como el titular de un permiso de transporte, almacenamiento o distribución.

De acuerdo a la Guía para solicitar permisos de Generación, Exportación e Importación de Energía Eléctrica (Comisión Reguladora de Energía, 2016) en 1992 se reformó la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2016) (la Ley) con el objetivo de ampliar y definir la participación de los particulares en actividades de generación, exportación e importación de energía eléctrica. La Ley, en su artículo 3º, define cinco actividades que no se consideran servicio público:

- Generación de energía eléctrica para autoabastecimiento, cogeneración o pequeña producción;
- Generación de energía eléctrica que realicen los productores independientes para su venta a la Comisión Federal de Electricidad (CFE);
- Generación de energía eléctrica para su exportación derivada de cogeneración, producción independiente y pequeña producción;
- Importación de energía eléctrica para el abastecimiento de usos propios, y
- Generación de energía eléctrica destinada al uso en emergencias derivadas de interrupciones en el servicio público.

2.2 Historia de los Permisionarios de Energía Eléctrica

Posterior a la reforma de la Ley del Servicio Público, en 1993 se publicó el Reglamento de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica (el Reglamento) que, entre otros temas, desarrolla los criterios que rigen las actividades de generación, exportación e importación de energía eléctrica de los particulares.

La Ley y el Reglamento definen seis tipos de permisos para las actividades que no se consideran servicio público: autoabastecimiento, cogeneración, producción independiente, pequeña producción, importación y exportación, y establecen las condiciones bajo las cuales serán otorgados cada uno de los permisos (Art. 36 de la Ley).

En 1995 la Ley de la Comisión Reguladora de Energía le confirió a esta Comisión, entre otras, las siguientes facultades:

- Otorgar y revocar los permisos y autorizaciones para cada una de las actividades o para ejercer varias;
- Autorizar la transferencia de los derechos derivados de los permisos, y
- Establecer las condiciones pertinentes en los permisos de acuerdo con lo previsto en la Ley y su Reglamento.
- La CRE otorgará los permisos considerando los criterios y lineamientos de la política energética nacional, oyendo la opinión del suministrador, cuidando el interés general, así como la seguridad, eficiencia y estabilidad del servicio público (Art. 36 de la Ley).

El 28 de octubre de 2008, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética (Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión, 2016), donde se le confirieron a la CRE atribuciones para regular la generación de electricidad a partir de fuentes de energía renovable, así como de sistemas de cogeneración.

El marco regulatorio cuenta con diversos instrumentos mediante los cuales se puede solicitar la interconexión al Sistema Eléctrico Nacional (SEN). Esto funciona como un mecanismo facilitador para la participación de particulares en la generación de electricidad, incluida la cogeneración. A través de estos instrumentos, los permisionarios cuentan con una mayor flexibilidad en sus operaciones de generación o importación de energía eléctrica, así como con la factibilidad de interconectarse con la red del servicio público, la certeza de contar con energía eléctrica de respaldo y la posibilidad de entregar sus excedentes al sistema.

2.3 Tipos de tecnología en planta

De acuerdo al Diagnóstico que se realizó a la base de datos con la que cuenta la DEBE se determinó el tipo de tecnología con el que cuentan las plantas de los diferentes tipos de Permisionarios de Energía Eléctrica; estos tipos de tecnología son:

EOLIELÉCTRICA: Producción de energía eléctrica utilizando la energía motriz del viento. (CFE, 2016)

FOTOVOLTAICO: Producción de energía eléctrica utilizando la luz solar. (CFE, 2016)

HIDRÁULICA (HIDROELÉCTRICA): Una central hidroeléctrica es aquella que utiliza energía hidráulica para la generación de energía eléctrica. (CFE, 2016)

TURBINA DE GAS: una turbina impulsada por los gases de combustión de una mezcla comprimida de gas natural y aire, utilizada para generación de energía. (Comisión Reguladora de Energía, 2016)

CICLO COMBINADO: la generación de potencia eléctrica mediante una combinación de un ciclo de turbina a gas y un ciclo de turbina a vapor. (Comisión Reguladora de Energía, 2016)

TURBINA DE VAPOR: una turbina impulsada por el vapor de agua, utilizada para generación de energía. (Comisión Reguladora de Energía, 2016)

2.4 Diagnóstico

El objetivo fue generar una descripción general del estado de los reportes de los permisionarios de energía eléctrica reportados por la CRE que permita visualizar las áreas de oportunidad a tratar en las siguientes etapas del proyecto: homologación, revisión técnica y revisión estadística.

Para realizar el diagnóstico se analizó la información contenida en los reportes anuales con los que cuenta la DEBE, proporcionados por la CRE. Se construyó una base de datos con los datos fieles a los reportes del libro de Excel. Dicha base contiene los datos con periodicidad anual y trimestral, a excepción de 1996 y 1997 en los que se cuenta sólo con periodicidad anual.

Una vez obtenida dicha base se procedió a analizar la información; donde se encontraron los siguientes puntos de importancia:

2.4.1 Permisionarios en operación por año

Se observó el comportamiento del número de permisionarios que reportaron información a la CRE durante el periodo 1996-2014. Destaca el crecimiento hasta el año 2008 y su posterior decrecimiento.

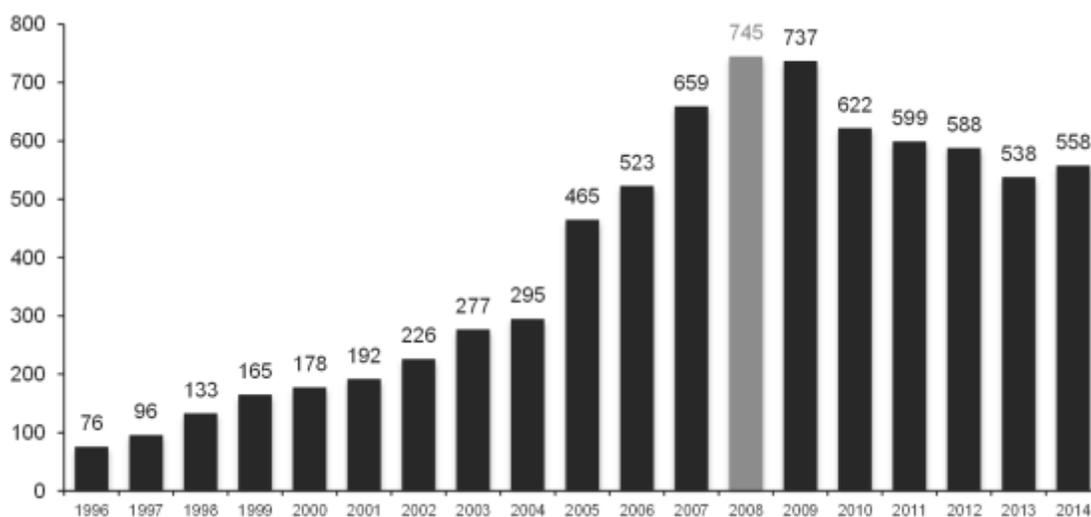


Figura 1. Número de permisionarios en operación por año.

Fuente: Elaboración propia

2.4.2 Permisionarios por modalidad

Se identificaron permisionarios con el mismo nombre, pero con diferentes modalidades; es decir, en algunos reportes aparece como Autoabastecimiento, mientras que en otros reportes aparece como Productor Independiente de Energía (PIE), esto puede deberse a un cambio en el permiso donde se haga oficial el cambio de modalidad. En algunos casos se hacen anotaciones dentro de los reportes para resaltar aquellos permisos que cambiaron de modalidad, sin embargo, en los casos que no se presente ninguna anotación es necesario que se verifique esta modificación en el título del permiso dentro de los archivos de la CRE.

Las formas de reportar la modalidad dentro de los formatos de los permisionarios de la CRE son diversas, en algunos casos se hacen las anotaciones completas y en algunos casos se reporta de

forma abreviada. Es decir, no todos los reportes respetan las mismas siglas para describir la modalidad, por ejemplo, en algunos, se identifica la modalidad como Autoabastecimiento, mientras que en otros se encuentra como "AUT". Lo anterior es una irregularidad ortográfica que puede ser fácilmente corregida al homologar la base de datos en la siguiente etapa.

Para describir el comportamiento de las modalidades conforme al tiempo, se presenta el Cuadro 1 con el número de permisos por modalidad en cada año.

	AUTOABASTECIMIENTO	COGENERACIÓN	U.P.C.	IMPORTACIÓN	P.I.E	EXPORTACIÓN	P.P
1996	3	8	65	-	-	-	-
1997	15	8	72	1	-	-	-
1998	55	14	62	2	-	-	-
1999	83	19	57	6	-	-	-
2000	92	24	55	6	1	-	-
2001	100	27	54	6	5	-	-
2002	129	27	54	7	8	1	-
2003	150	29	54	26	14	4	-
2004	164	31	53	28	15	4	-
2005	324	35	53	32	17	4	-
2006	384	37	46	32	20	4	-
2007	501	53	46	34	21	4	-
2008	583	54	45	38	21	4	-
2009	577	55	43	37	21	4	-
2010	469	55	40	31	22	4	1
2011	447	59	39	27	22	4	1
2012	428	64	37	27	27	4	1
2013	371	68	33	33	27	4	2
2014	374	79	33	34	28	4	6

Cuadro 1. Número de permisionarios por modalidad.

Fuente: Elaboración propia

2.4.3 Fecha del permiso

La fecha de permiso no es un dato representativo para el análisis de los datos, sin embargo, puede ser un punto de referencia para indicar la fecha de entrada en operación de la planta.

Como observación, este dato se presenta como fecha corta dd/mm/aa.

2.4.4 Número de permiso

Al igual que la fecha del permiso, este dato no tiene ninguna relevancia técnica dentro del desarrollo del proyecto, sin embargo, permite identificar el título de permiso, además de que indica la modalidad en la que trabaja el permisionario.

En los reportes trimestrales no se detectó ninguna clase de error con respecto a la escritura de este dato, a diferencia del reporte anual donde se encontraron alrededor de seis errores y el término REGULARIZACIÓN en los años 1996, 1997 y 1998, mismos que en algunos casos se pueden corregir con la información de los periodos siguientes.

2.4.5 Sector

Este dato se refiere al ramo en el cual se desarrollan las actividades del permisionario de generación. En el caso de los reportes, se encontró que se hace referencia a 31 sectores de la industria, aunque para fines de este proyecto sólo algunos son representativos.

Para fines de esta tarea en el siguiente cuadro se describe el número de permisionarios por año al que hacen referencia estos diferentes sectores de desarrollo.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Agr. Y gan.	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	4	4	3	4
Alimentos	3	4	3	11	12	12	12	23	28	51	58	67	74	74	71	47	44	42	45
Azucarero	26	27	37	46	49	49	49	49	49	49	48	49	48	48	50	50	50	49	48
Carbonero	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Cementero	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2
Cerveceros	4	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comercio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	153	156	51	48	28	10	9
Exportación	0	0	0	0	0	0	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Farmacéutico	0	0	0	0	0	1	2	2	3	4	4	4	6	8	8	8	8	8	10
Gobierno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	2
Importación	0	0	0	0	0	0	1	21	23	32	29	29	35	36	31	27	27	33	34
Ind. Diversas	1	1	0	1	1	1	1	6	8	17	19	48	68	71	69	73	77	82	88
Manufacturero	0	0	0	0	0	3	3	3	3	7	8	10	13	15	16	15	17	15	19
Maquilador	0	1	1	5	5	6	6	6	6	2	6	6	5	5	4	4	4	4	5
Metalurgia	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minero	6	10	12	13	13	13	13	13	15	14	14	16	17	22	25	27	28	29	31
Municipal	0	0	0	2	2	2	2	3	3	0	4	6	6	7	8	8	8	8	8
N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	31	0	0	0	0	0	0
P. Independiente	0	0	0	0	1	5	8	14	15	17	20	21	21	21	22	22	27	27	28
Papelero	11	15	14	18	21	24	24	24	24	25	22	21	20	20	18	16	17	15	19
Pemex	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Pequeño productor	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	6
Petrolero	3	4	21	24	26	26	28	29	32	33	35	49	42	43	42	43	44	44	44
Petroquímico	5	6	12	15	15	14	14	14	14	14	14	13	14	14	13	12	11	10	10
Químico	8	11	18	15	17	18	19	19	19	21	21	23	24	24	23	23	21	21	22
Servicio municipal	0	2	2	0	0	0	0	0	0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Servicio	0	0	0	0	0	0	23	27	28	147	192	253	129	129	127	129	127	90	85
Siderúrgico	0	0	0	4	5	5	5	5	5	5	6	9	8	8	9	9	9	9	9
Textil	7	8	4	9	9	9	9	8	9	10	9	9	8	8	7	7	6	6	6
Turismo	0	0	0	0	0	1	1	1	2	4	4	4	15	18	18	18	19	20	19
Varios	0	0	2	0	0	0	2	3	2	0	2	2	0	0	1	1	3	3	1
Total	76	96	133	165	178	192	226	277	295	465	523	659	745	737	622	599	588	538	558

Cuadro 2. Número de permisionarios por sector.

Fuente: Elaboración propia

Estos errores se corregirán en la base de datos con información homologada, de forma tal que correspondan con los sectores a los que hace referencia el Balance Nacional de Energía.

2.4.6 Ubicación de planta

Dado a que se refiere a las entidades federativas donde se encuentran instalados los permisionarios, es común encontrar errores ortográficos dentro de los reportes o que los estados se escriban de diferente forma respecto a otros periodos. Además de que algunos no indican en qué entidad federativa se encuentran ubicados, puesto que en este campo se reporta como N/A.

En el Cuadro 3 se presenta el número de permisionarios por estado. Para este dato, se tomaron en cuenta los datos de los estados sin considerar ninguna falta de ortografía en su escritura.

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Aguascalientes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	2	3	3	3
Baja california	1	1	1	1	1	1	2	27	29	37	43	48	52	55	45	39	39	44	47
Baja california sur	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	3	6	6	6	6	6	6	6
Campeche	2	3	14	16	17	17	20	22	24	24	26	31	33	33	29	29	29	28	28
Chiapas	1	1	2	4	4	4	6	6	6	7	7	7	15	15	6	6	6	5	5
Chihuahua	1	2	3	3	3	4	6	8	8	14	15	13	15	22	20	22	24	19	20
Coahuila	3	4	6	7	7	8	9	10	10	11	11	17	22	23	23	22	18	17	18
Colima	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
Distrito federal	4	4	4	4	4	4	11	11	12	75	84	88	80	81	70	68	65	43	43
Durango	3	2	2	3	3	3	3	3	5	6	6	6	6	6	7	7	7	5	11
Estado de México	2	7	8	9	10	13	15	19	21	37	46	50	52	54	51	47	49	42	39
Guadalajara	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
Guanajuato	-	-	1	1	1	2	5	5	5	9	9	11	14	14	15	15	14	16	18
Guerrero	-	-	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	17	18	6	6	6	6	5
Hidalgo	2	2	2	2	3	3	3	3	4	6	6	11	11	11	10	9	9	8	8
Jalisco	5	6	6	9	11	11	12	14	15	22	24	32	37	38	34	31	34	30	35
Michoacán	5	5	8	8	8	8	8	8	8	9	9	18	22	22	9	9	10	10	11
Morelos	1	1	2	2	2	3	3	3	4	4	7	7	9	9	8	8	8	8	7
Nayarit	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	4	4	3	3	3	3	3
Nuevo león	4	7	8	9	9	10	13	16	16	20	26	43	44	44	41	39	24	25	28
Oaxaca	2	2	2	5	5	5	5	5	5	5	5	6	10	12	11	12	19	21	24
Puebla	2	2	2	3	3	3	3	5	6	12	14	14	14	15	13	14	14	14	14
Querétaro	3	4	4	4	5	5	6	7	8	12	13	15	16	16	18	18	19	16	17
Quintana roo	-	-	-	-	1	2	2	2	3	4	6	16	19	22	12	15	16	17	15
San Luis potosí	3	4	6	7	7	7	8	8	11	15	18	22	28	26	25	21	20	18	17
Sinaloa	-	1	1	2	3	3	4	5	5	14	16	17	19	19	9	8	8	5	5
Sonora	-	3	3	9	9	10	11	11	11	24	24	31	33	33	24	22	20	18	19
Tabasco	4	4	6	9	10	9	9	11	11	13	17	26	25	26	16	15	15	14	15
Tamaulipas	4	3	5	8	9	11	12	14	15	18	18	24	24	24	26	25	19	18	21
Tlaxcala	-	-	-	-	1	2	2	2	2	4	4	6	6	6	6	6	6	6	6
Veracruz	19	22	32	36	36	38	41	42	42	48	51	60	62	62	62	62	62	57	58
Yucatán	1	1	-	-	1	1	2	2	2	5	8	14	15	15	10	8	7	7	7
Zacatecas	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
N/A	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	11	31	-	-	-	4	-
Total	76	96	133	165	178	192	226	277	295	465	523	659	745	737	622	599	588	538	558

Cuadro 3. Número de permisionarios por entidad federativa.

Fuente: Elaboración propia

2.4.7 Tipo de planta

La generación eléctrica no tiene límites en cuanto a la configuración y el funcionamiento de los equipos. Para el caso de los permisionarios, sólo se reporta el tipo de tecnología con el que se realiza la generación de energía eléctrica.

Debido a que la energía eléctrica puede generarse a partir de distintos tipos de tecnología, existen algunos casos en los que se reporta más de un tipo de planta.

En el Cuadro 4 se observa el número de permisionarios de acuerdo al tipo de planta reportado en cada uno de los años reportados:

	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ciclo combinado	-	-	-	-	2	6	12	22	23	25	28	30	30	30	31	32	35	35	37
Motogenerador	6	13	-	4	4	-	4	4	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Combustión interna	-	-	-	20	21	26	47	68	83	246	309	406	473	488	376	354	328	269	269
Fotovoltaica	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	-	-	-	3	6	7	15	19	23
Fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	3
Frenos regenerativos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1
Hidráulica	-	-	-	1	1	-	1	2	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importación	-	-	-	6	6	6	7	26	28	32	32	34	36	37	31	27	27	33	34
Lecho fluidizado	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Turbina de gas	10	12	-	25	26	32	33	33	34	36	36	34	30	30	30	30	30	30	41
Turbina de gas y comb. interna	-	-	-	3	3	4	5	5	6	5	6	16	25	26	26	26	26	26	26
Turbina de gas y t. de vapor	-	-	-	8	8	9	8	8	7	8	9	8	8	9	9	9	9	9	10
Turbina de gas, vapor y ciclo combinado	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbina de vapor	59	69	-	89	97	98	98	97	97	98	91	100	83	85	82	81	81	80	80
Turbina de vapor y comb. Int.	-	-	-	3	3	3	3	3	3	3	3	4	12	12	12	12	11	10	9
Turbina de vapor y turboexpansor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2
Turbina hidráulica	1	1	-	1	2	3	3	3	2	3	6	8	9	10	12	13	14	14	16
Turbina hidráulica y comb. Int.	-	-	-	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Turbina hidráulica y t. de vapor	-	-	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
N/A	-	1	133	-	-	-	-	1	-	-	-	11	31	-	-	-	3	3	-
Total	76	96	133	165	178	192	226	277	295	465	523	659	745	737	622	599	588	538	558

Cuadro 4. Número de permisionarios por tipo de tecnología.

Fuente: Elaboración propia

2.4.8 Capacidad autorizada

Este dato refleja la capacidad de generación permitida para cada permisionario, para los casos de las modalidades de comercio exterior, como lo son importación y exportación, la capacidad instalada que reportan se refiere a la capacidad máxima permitida para la comercialización de energía eléctrica.

Dentro de los reportes la capacidad autorizada, se llegan a presentar cambios debido a resoluciones de los contratos, lo que se verificará dentro del título del permiso. En el Cuadro 5 y en la Figura 2 se presenta la capacidad instalada de los permisionarios de generación, el Cuadro 6 y la Figura 3 presentan la capacidad de comercio de electricidad para los permisionarios de importación; mientras que el Cuadro 7 y la Figura 4 hacen lo propio con los referentes a exportación.

Año	Capacidad de generación (MW)
1996	1,210.08
1997	1,417.37
1998	2,744.70
1999	3,316.93
2000	4,338.46
2001	6,091.12
2002	8,358.51
2003	12,784.47
2004	13,918.95
2005	15,273.10
2006	17,688.60
2007	20,321.81
2008	19,893.16
2009	20,225.25
2010	20,708.90
2011	20,973.50
2012	22,394.54
2013	23,200.93
2014	24,574.25

Cuadro 5. Capacidad de generación eléctrica (MW).

Fuente: Elaboración propia

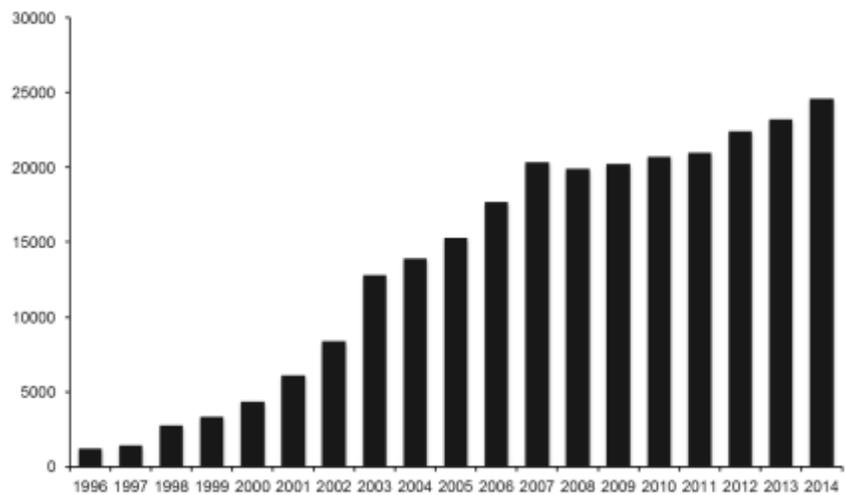


Figura 2. Capacidad de generación eléctrica (MW).

Fuente: Elaboración propia

Año	Capacidad de importación (MW)
1997	4.00
1998	4.75
1999	10.20
2000	10.20
2001	10.20
2002	44.35
2003	1,491.92
2004	1,514.92
2005	1,530.11
2006	1,556.11
2007	1,570.09
2008	1,585.99
2009	1,563.67
2010	1,497.67
2011	1,489.34
2012	1,500.36
2013	1,578.72
2014	1,517.10

Cuadro 6. Capacidad de importación de energía eléctrica (MW).

Fuente: Elaboración propia

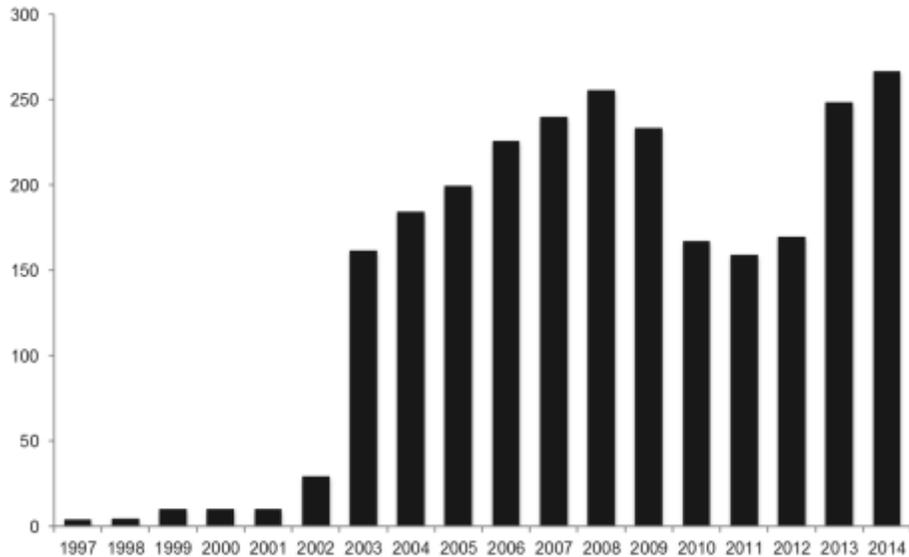


Figura 3. Capacidad de importación de energía eléctrica (MW).

Fuente: Elaboración propia

Año	Capacidad de exportación (MW)
2002	15.00
2003	1,330.37
2004	1,330.37
2005	1,330.37
2006	1,330.37
2007	1,330.37
2008	1,330.37
2009	1,330.37
2010	1,330.37
2011	1,330.37
2012	1,330.37
2013	1,330.37
2014	1,250.37

Cuadro 7. Capacidad de exportación de energía eléctrica (MW).

Fuente: Elaboración propia

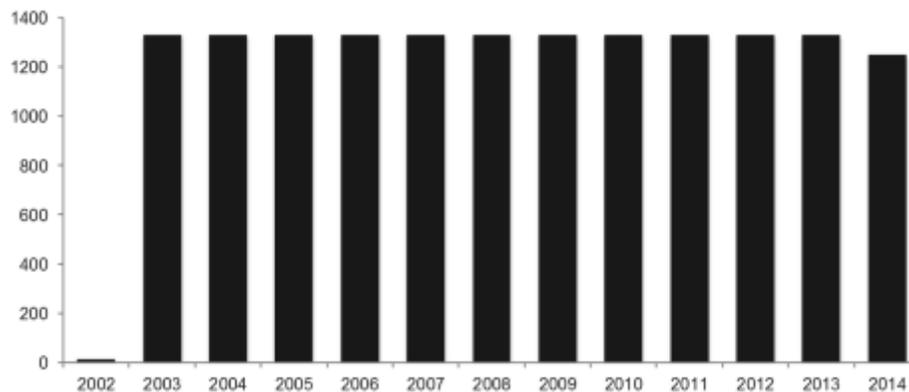


Figura 4. Capacidad de exportación de energía eléctrica (MW).

Fuente: Elaboración propia

2.4.9 Capacidad en operación

Este dato se presenta recientemente en los reportes, apenas desde el 2012, con anterioridad se ha dicho que este dato se refiere al aprovechamiento que se usa de acuerdo a la capacidad de la planta, en algunos casos, este dato se reporta suponiendo que se utiliza el total de la capacidad de la planta de generación de energía eléctrica, sin embargo esa afirmación puede no ser real debido a que la capacidad en operación se refiere a los equipos en funcionamiento durante el periodo reportado, por lo tanto este dato no puede ser estimado ni calculado, pero se sabe que no debe sobrepasar a la capacidad instalada total.

En las Figuras 5, 6 y 7 se compara la capacidad instalada con la capacidad en operación reportada durante los últimos tres años, en ellas se puede observar que la capacidad en operación no sobrepasa la capacidad instalada o autorizada.

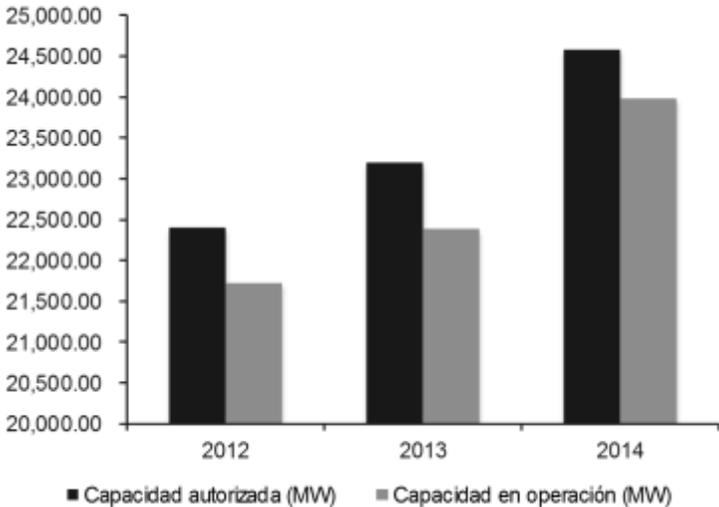


Figura 5. Capacidad de generación autorizada vs capacidad en operación (MW).
Fuente: Elaboración propia

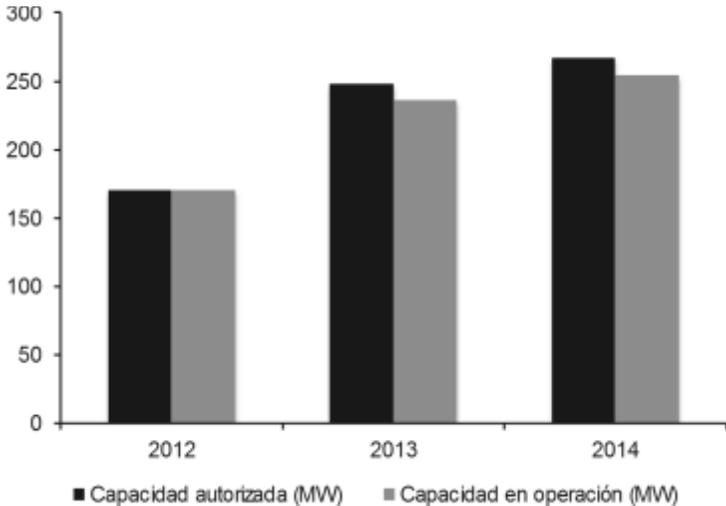


Figura 6. Capacidad de importación autorizada vs capacidad en operación (MW).
Fuente: Elaboración propia

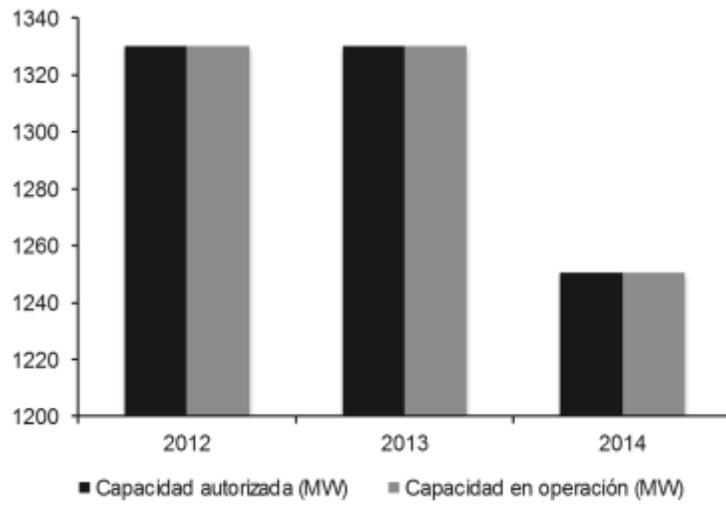


Figura 7. Capacidad de exportación autorizada vs capacidad en operación (MW).

Fuente: Elaboración propia

2.4.10 Generación bruta o importación

La generación bruta de energía es uno de los datos más importantes reportados por los permisionarios. Se refiere a la cantidad bruta de energía eléctrica producida por la planta durante el periodo. En los casos de importación y exportación se refiere a la cantidad de energía comercializada. En ambos casos, este dato deberá respetar la capacidad instalada en la planta.

La generación bruta de energía se ve afectada por el número de permisionarios activos. Como se observa en la Figura 8, la generación bruta presenta un crecimiento exponencial hasta el año 2008, año en que desacelera el crecimiento para posteriormente presentar un crecimiento lineal. Este comportamiento es similar al presentado por el número de permisionarios activos.

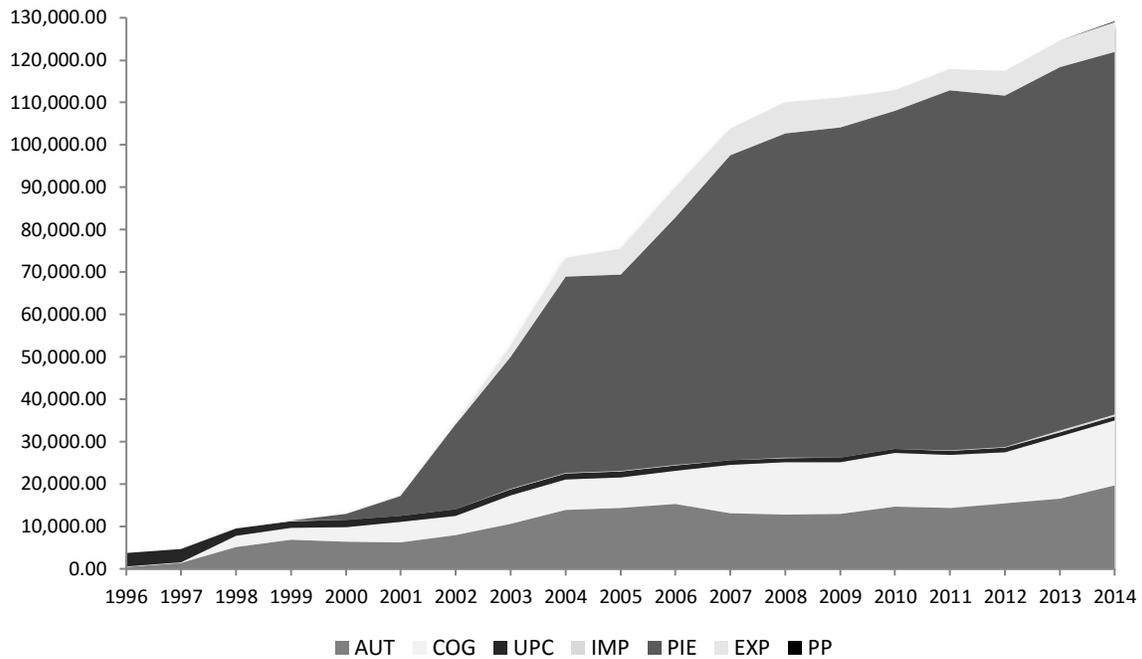


Figura 8. Generación bruta por modalidad (GWh).

Fuente: Elaboración propia

2.4.11 Consumo de auxiliares

Se refiere a la cantidad de energía bruta generada utilizada en los equipos auxiliares de la central eléctrica. Esta energía no se considera como consumo de los permisionarios y es exclusivo de las plantas generadoras.

En la Figura 9 se observa el comportamiento del consumo de auxiliares en las plantas generadoras; el cual cabe mencionar es mucho menor a la generación bruta de las mismas. Además, se observa que el mayor consumo por parte de los auxiliares se presenta en el año 2008, mismo periodo que corresponde con el año en que existió el mayor número de permisos otorgados.

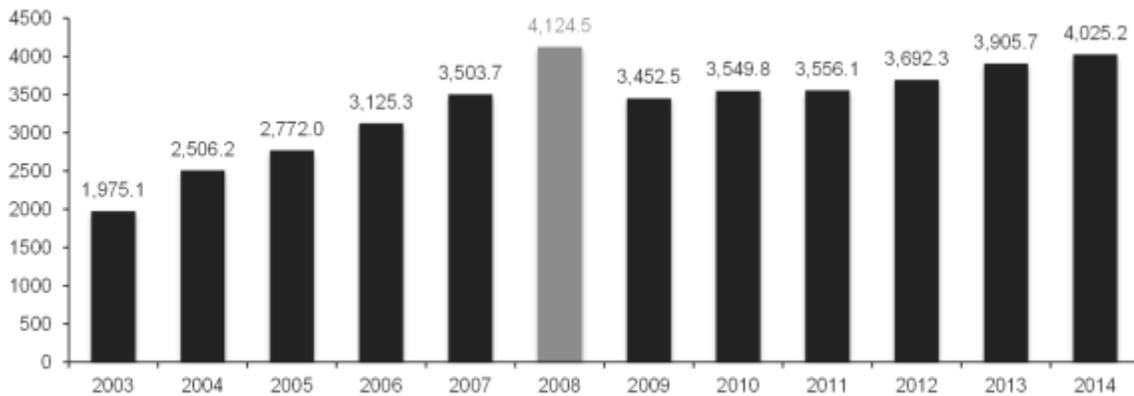


Figura 9. Consumo de auxiliares (GWh).

Fuente: Elaboración propia

2.4.12 Generación neta

Se refiere a la generación después del consumo auxiliares, es la generación total disponible para ser utilizada por el permisionario.

Dado que el dato se empieza a reportar desde el 2003, en el Cuadro 8 y la Figura 10 solo se presentarán los datos a partir de esta fecha, sin embargo, durante la revisión técnica se definirá si es necesario presentar el dato en los años anteriores.

Por definición se sabe que la generación neta debe ser menor que la generación bruta.

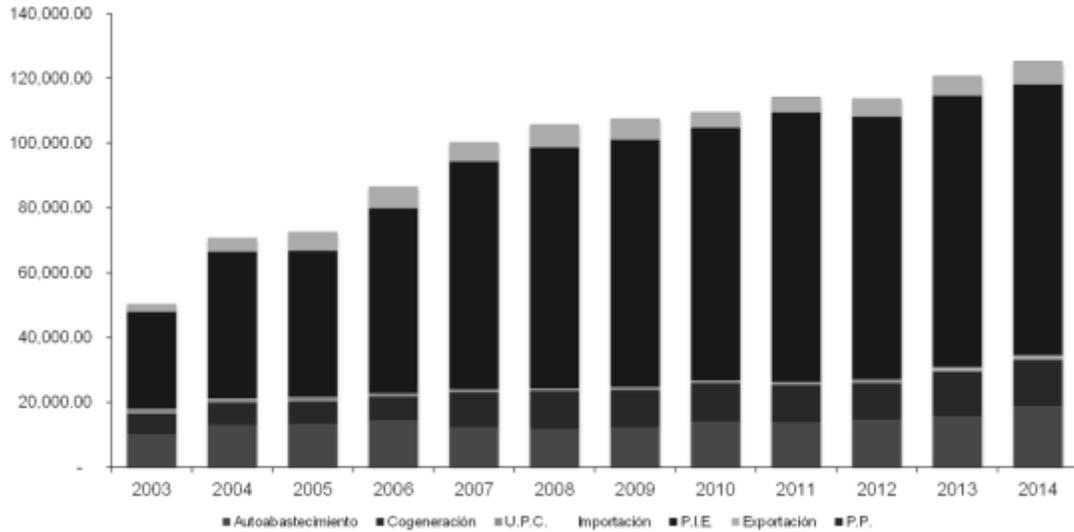


Figura 10. Generación neta de energía eléctrica (GWh).

Fuente: Elaboración propia

	Autoabastecimiento	Cogeneración	U.P.C.	Importación	P.I.E.	Exportación	P.P.	Total
2003	9,991.19	6,523.66	1,463.47	38.55	29,938.01	2,433.91	-	50,388.78
2004	12,898.52	7,008.06	1,373.06	-	45,249.42	4,264.28	-	70,793.34
2005	13,361.76	6,928.75	1,262.15	53.85	45,152.21	5,912.62	-	72,671.34
2006	14,331.06	7,395.03	1,095.18	-	57,076.27	6,718.39	-	86,615.93
2007	12,281.45	10,789.73	941.60	19.85	70,257.40	6,003.13	-	100,293.15
2008	11,877.25	11,573.51	914.79	7.88	74,273.05	7,167.33	-	105,813.82
2009	12,217.75	11,562.20	852.87	39.48	76,280.22	6,712.18	-	107,664.71
2010	13,926.60	11,937.45	857.58	16.84	78,007.84	4,743.52	0.20	109,490.03
2011	13,689.53	11,669.38	876.80	59.18	83,147.84	4,867.05	0.47	114,310.24
2012	14,720.23	11,193.91	974.06	176.33	81,095.22	5,554.72	0.12	113,714.58
2013	15,648.87	13,770.42	920.22	385.62	83,843.73	6,106.72	6.49	120,682.07
2014	18,710.90	14,357.20	930.25	415.26	83,641.41	6,845.53	187.09	125,087.64

Cuadro 8. Generación neta de energía eléctrica (GWh).

Fuente: Elaboración propia

2.4.13 Excedentes a CFE

Se refiere a la cantidad de energía eléctrica que el permisionario envió a la red de distribución de CFE, este acto se encuentra regulado dentro de ciertos márgenes y sólo se permite el envío de energía eléctrica que no se utiliza dentro de los procesos del permisionario.

Sin embargo, este dato puede presentar variaciones en su reporte como se muestra en la Figura 11, en el año 2012 los excedentes enviados a CFE son mucho mayores que la generación neta de la planta. Cabe mencionar que estos reportes son llenados de forma manual por el personal de las empresas, así que será necesario analizar dicha información y considerar el factor humano como una posible causa de dichas inconsistencias.

	Excedentes a CFE (GWh)
2001	290.00
2002	992.48
2003	1,400.75
2004	1,017.71
2005	678.75
2006	860.54
2007	616.88
2008	1,007.56
2009	1,236.81
2010	80,716.22
2011	57,279.78
2012	559,295.30
2013	1,635.03
2014	14,043.20

Cuadro 9. Excedentes a CFE (GWh).

Fuente: Elaboración propia

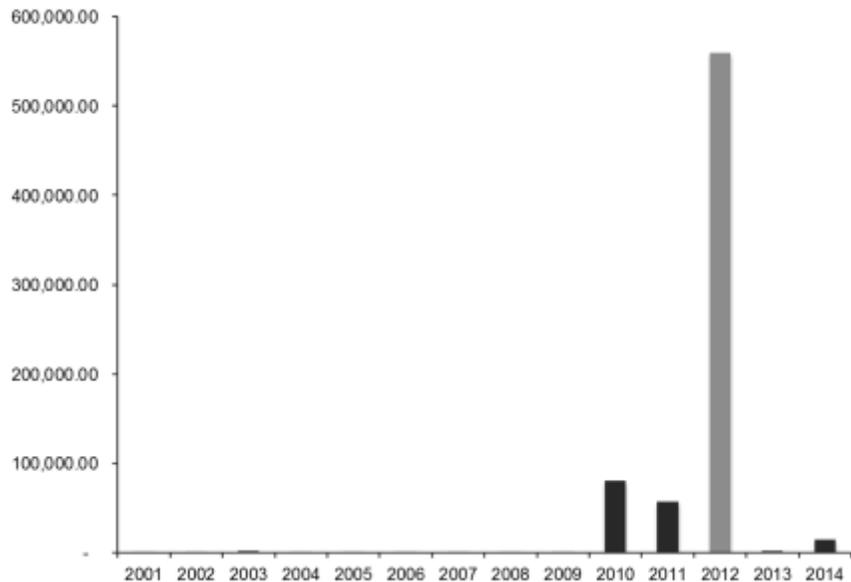


Figura 11. Excedentes a CFE (GWh).

Fuente: Elaboración propia

2.4.14 Consumo de combustibles

El consumo de combustibles está asociado a unidades volumétricas y de masa, mismas que varían de acuerdo al estado y las condiciones ambientales en las que se encuentra el energético. A continuación, se presenta el análisis para cada uno de los combustibles reportados a lo largo del periodo analizado por parte de los permisionarios de energía eléctrica. Cabe mencionar que el consumo debe estar asociado al crecimiento del número de permisionarios que lo utilizan, lo que significa que debe estar directamente relacionado con la generación bruta y el poder calorífico asociado.

Aceite residual

El aceite residual se refiere al aceite utilizado en procesos de combustión que cumple con la finalidad de lubricar, sin embargo, al término de su vida útil su valor energético aún es de utilidad en calderas de combustión. Como se aprecia en la Figura 12, el consumo de aceite residual no sigue ninguna tendencia con los años según los reportes, por esta razón será necesario realizar una revisión a detalle para determinar la veracidad de dicha información.

	Consumo de Aceite Residual (m ³)
2008	155.17
2009	15.52
2010	-
2011	220.91
2012	214,152.28
2013	27,712.00
2014	18,164.00

Cuadro 10. Consumo de aceite residual (m³).

Fuente: Elaboración propia

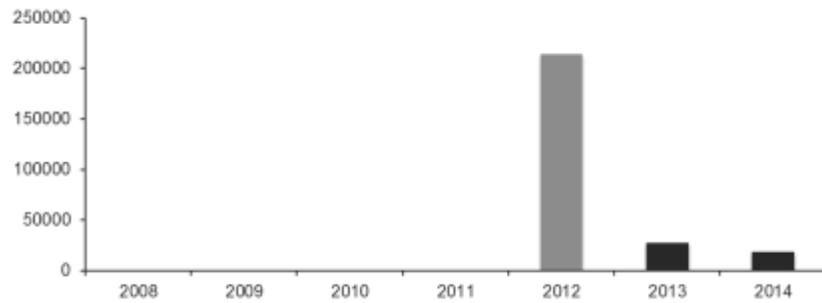


Figura 12. Consumo de aceite residual (m³).

Fuente: Elaboración propia

Aserrín

El aserrín, es un residuo vegetal derivado de los procesos de uso de la madera que puede ser utilizado como biocombustible, incluso existen procesos diseñados para su aprovechamiento que consisten en compactar el aserrín hasta formar bloques llamados briquetas vegetales o leñetas, que pueden ser quemados en calderas para fines de generación de energía.

	Consumo de Aserrín (ton)
2008	21,710.00
2009	5,170.00
2010	5,414.14
2011	9,642.97
2012	25,831.08
2013	11,582.55
2014	18,684.59

Cuadro 11. Consumo de aserrín (ton).

Fuente: Elaboración propia

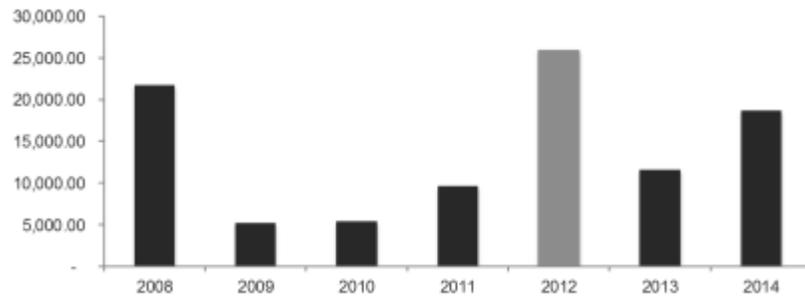


Figura 13. Consumo de aserrín (ton).

Fuente: Elaboración propia

Bagazo de caña

Es un biocombustible vegetal extraído de la caña de azúcar, puede ser utilizado en calderas para generación de vapor. La producción de este biocombustible depende de los ingenios azucareros quienes además son su principal consumidor en sus plantas de autogeneración.

	Consumo de Bagazo de caña (ton)
1996	2,311,893.24
1997	2,277,938.86
1998	2,906,824.94
1999	5,128,315.00
2000	4,804,698.54
2001	5,022,092.00
2002	4,954,306.54
2003	6,389,926.94
2004	6,649,102.16
2005	6,488,976.44
2006	5,839,137.02
2007	6,630,813.52
2008	6,128,181.65
2009	6,477,842.71
2010	6,576,435.18
2011	6,751,927.56
2012	7,495,927.98
2013	8,546,798.16
2014	9,915,353.92

Cuadro 12. Consumo de bagazo de caña (ton).
Fuente: Elaboración propia

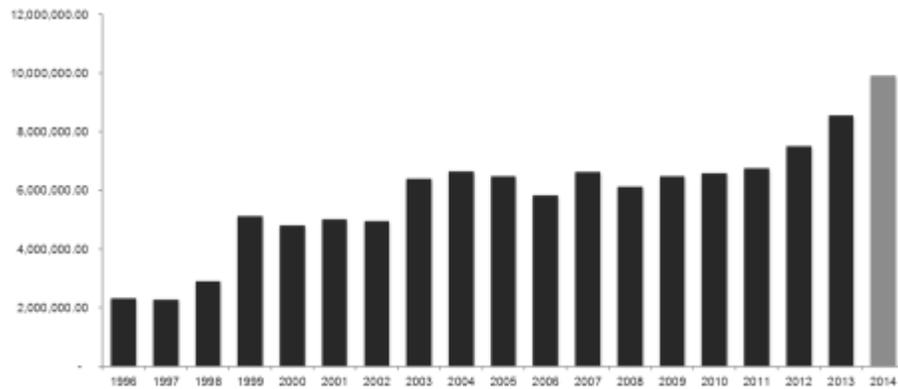


Figura 14. Consumo de bagazo de caña (ton).

Fuente: Elaboración propia

Bagazo de malta

Es un biocombustible utilizado principalmente por la industria cervecera, debido a que es generada a partir de los residuos de la malta utilizada para la elaboración de la cerveza. En los últimos años, la industria cervecera ha implementado programas para autosuficiencia energética, donde este es el principal combustible a utilizar.

	Consumo de Bagazo de malta (ton)
2009	11,560.80
2010	21,017.48
2011	14,598.99
2012	14,561.07
2013	8,838.71
2014	80,025.13

Cuadro 13. Consumo de bagazo de malta (ton).
Fuente: Elaboración propia

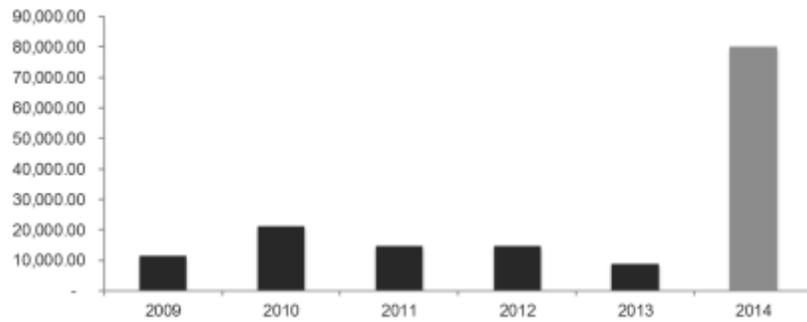


Figura 15. Consumo de bagazo de malta (ton).

Fuente: Elaboración propia

Biogás

Es un biocombustible generado a partir de residuos orgánicos degradados por medio de biodigestión y se compone principalmente por gas metano y se utiliza en sistemas de combustión para la generación de calor.

	Consumo de Biogás (m ³)
1997	5,988,122.00
1998	11,580,000.00
1999	11,163,240.00
2000	12,795,068.74
2001	10,160,817.00
2002	11,151,048.25
2003	18,803,281.22
2004	21,534,514.86
2005	21,550,435.82
2006	21,911,010.14
2007	20,373,906.09
2008	40,591,966.28
2009	41,269,985.84
2010	65,135,937.26
2011	73,831,435.90
2012	91,404,681.97
2013	96,836,884.61
2014	97,280,540.42

Cuadro 14. Consumo de biogás (m³).

Fuente: Elaboración propia

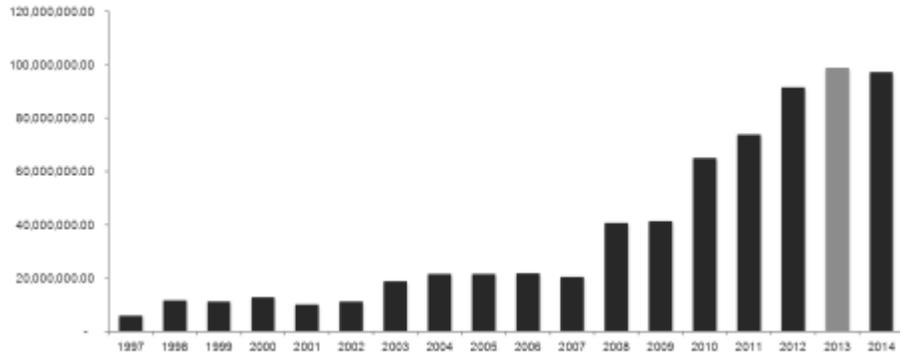


Figura 16. Consumo de biogás (m³).

Fuente: Elaboración propia

Carbón

Es un combustible mineral que no requiere de grandes transformaciones para ser utilizado, pertenece a la rama de combustibles fósiles y constituye una de las fuentes más importantes de energía en el mundo, incluso fue el primer combustible utilizado para la generación de electricidad. Sin embargo, y como se aprecia en la Figura 17, es hasta el año 2005 cuando se presenta el primer registro de consumo de carbón por parte de los permisionarios, notándose su mayor consumo en el año 2014.

	Consumo de Carbón (ton)
2005	9,708.12
2006	31,171.78
2007	72,441.00
2008	80,546.00
2009	26,849.34
2010	79,964.12
2011	72,782.00
2012	68,370.95
2013	79,147.04
2014	86,452.44

Cuadro 15. Consumo de carbón (ton).

Fuente: Elaboración propia

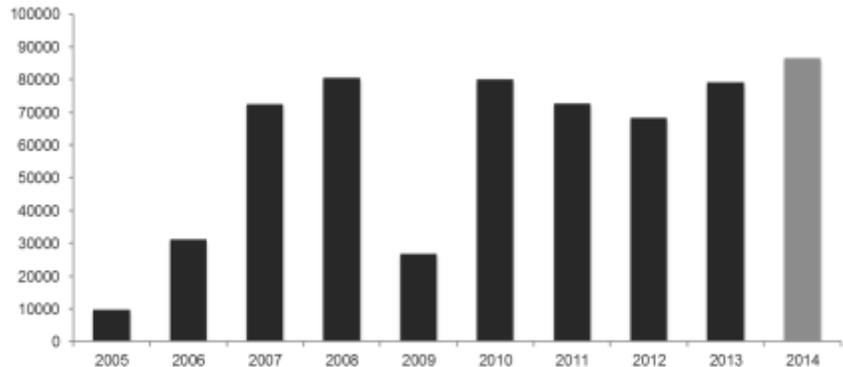


Figura 17. Consumo de carbón (ton).

Fuente: Elaboración propia

Combustóleo

Es un combustible líquido pesado que se obtiene como residuo de la destilación atmosférica y destilación al vacío del petróleo crudo. Se utiliza como combustible para la generación de electricidad y para la generación de vapor en calderas industriales y hornos.

Año	Consumo de Combustóleo (m ³)
1996	984,004.37
1997	1,215,890.83
1998	2,849,230.00
1999	1,674,551.00
2000	1,864,977.91
2001	1,618,049.00
2002	1,378,850.55
2003	1,541,932.79
2004	1,520,106.65
2005	1,337,423.61
2006	1,172,131.29
2007	2,389,221.78
2008	881,945.31
2009	784,388.41
2010	1,422,057.87
2011	30,397,501.72
2012	699,978.09
2013	506,645.88
2014	389,435.43

Cuadro 16. Consumo de combustóleo (m³).

Fuente: Elaboración propia

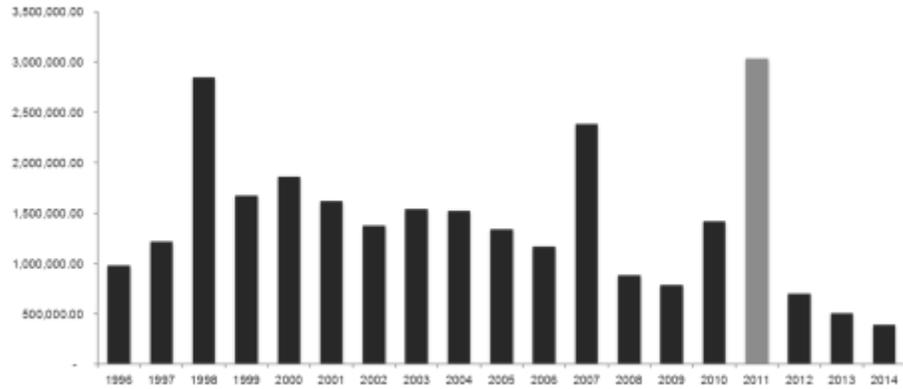


Figura 18. Consumo de combustóleo (m³).

Fuente: Elaboración propia

Combustóleo ligero aditivado

Es un combustible industrial utilizado en equipos de combustión de flama abierta, como los generadores de vapor, presenta la ventaja de tener bajos contenidos de azufre, lo que lo convierte en un combustible de menor impacto ambiental con respecto al combustóleo pesado convencional. Como se puede apreciar en la Figura 19, la tendencia del consumo de este combustible es creciente hasta el año 2012 cuando comienza la disminución de su uso.

Año	Consumo de Combustóleo ligero aditivado (m ³)
2009	10,363.68
2010	12,678.08
2011	21,245.29
2012	25,018.24
2013	16,385.20
2014	4,646.76

Cuadro 17. Consumo de combustóleo ligero aditivado (m³).

Fuente: Elaboración propia

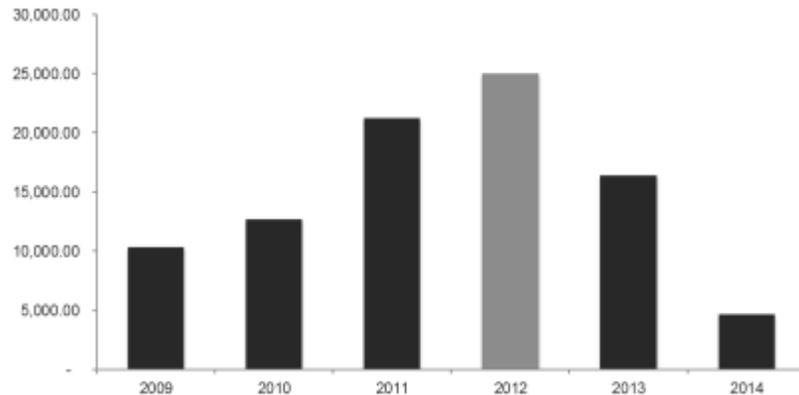


Figura 19. Consumo de combustóleo ligero aditivado (m³).

Fuente: Elaboración propia

Coque de petróleo

Se obtiene a partir de la refinación de petróleo y es una especie de carbón producido mediante la descomposición térmica de hidrocarburos pesados en plantas coquizadoras. Se emplea en

calderas de combustión, comúnmente en la industria cementera y centrales eléctricas. Durante los últimos cinco años el consumo de este combustible parece estabilizarse.

	Consumo de Coque de petróleo (ton)
2004	661,596.00
2005	919,411.19
2006	1,007,230.00
2007	1,018,080.80
2008	1,070,873.00
2009	977,794.00
2010	1,204,738.00
2011	1,167,408.00
2012	1,208,968.70
2013	1,232,686.40
2014	1,228,070.70

Cuadro 18. Consumo de coque de petróleo (ton).

Fuente: Elaboración propia

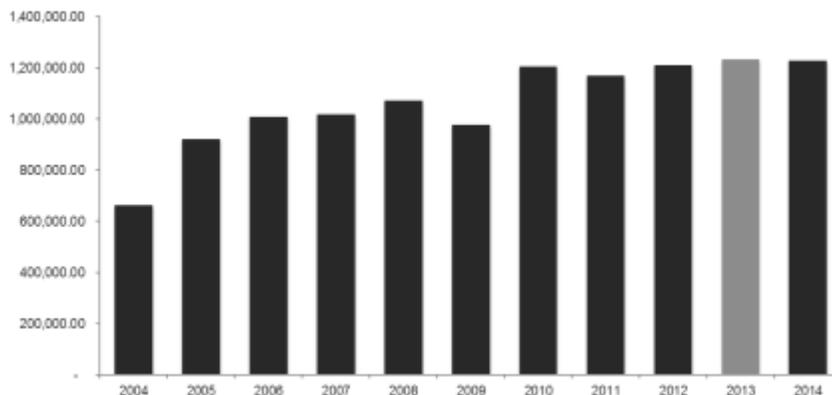


Figura 20. Consumo de coque de petróleo (ton).

Fuente: Elaboración propia

Diésel

Es un hidrocarburo medianamente pesado que se obtiene de la refinación del petróleo y es utilizado, según su tipo, en vehículos, calefacción y generadores eléctricos de combustión eléctrica.

	Consumo de Diésel (m ³)
1996	21,432.25
1997	27,301.07
1998	34,958.24
1999	128,291.74
2000	325,519.57
2001	138,120.00
2002	269,562.85
2003	193,145.13
2004	191,513.31
2005	129,765.19
2006	83,227.03
2007	161,998.81
2008	151,498.18
2009	171,025.84
2010	146,345.76
2011	123,865.46
2012	154,909.82
2013	303,703.10
2014	453,794.97

Cuadro 19. Consumo de diésel (m³).

Fuente: Elaboración propia

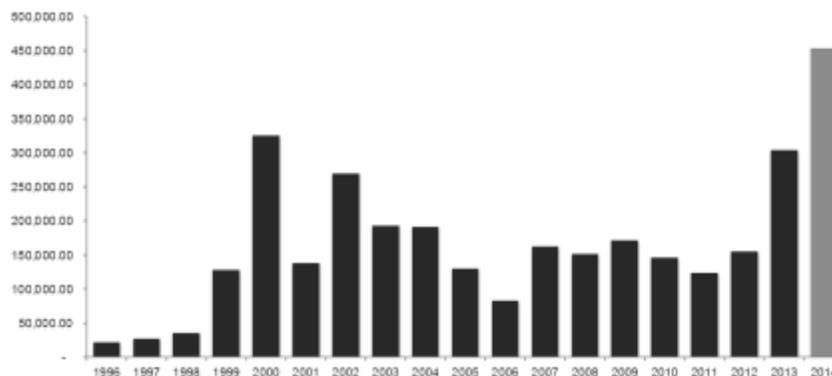


Figura 21. Consumo de diésel (m³).

Fuente: Elaboración propia

Etano

Es un tipo de gas que se obtiene del procesamiento del gas natural, es usado en la industria para diversos procesos de producción, principalmente en la elaboración de etileno para realizar diversos polímeros y en algunos casos se mezcla con el gas seco para usarlo en centrales eléctricas de generación.

	Consumo de Etano (m ³)
2003	17,453,008.80
2004	9,014,530.04
2005	3,997,864.00
2006	10,628,984.00
2007	3,563,488.76
2008	781,395.87
2009	56,884.45
2010	23,705.02
2011	-
2012	247,231.00
2013	-
2014	96,630.46

Cuadro 20. Consumo de etano (m³).

Fuente: Elaboración propia

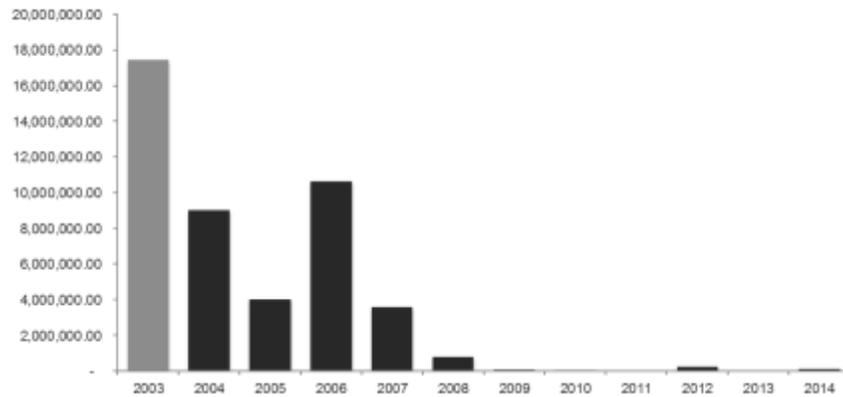


Figura 22. Consumo de etano (m³).

Fuente: Elaboración propia

Gas de coque

Es un tipo de gas de residuo que se produce a partir del proceso de coquizar el carbón mineral, este combustible se utiliza principalmente en los altos hornos productores de coque y en la industria siderúrgica. Como se aprecia en la Figura 23 el consumo de este combustible presenta una tendencia a la baja, sin embargo, el primer año de su reporte presenta un pico que dobla a la media de los datos.

	Consumo de Gas de coque (m ³)
1999	349,877,737.00
2000	151,350,578.00
2001	138,751,293.00
2002	123,774,495.00
2003	120,467,340.00
2004	79,060,993.00
2005	56,789,857.00
2006	52,688,871.00
2007	90,097,344.00
2008	52,460,906.00
2009	44,945,186.53
2010	45,830,893.00
2011	37,480,944.00
2012	27,409,943.00
2013	41,462,612.20
2014	26,367,500.23

Cuadro 21. Consumo de gas de coque (m³).

Fuente: Elaboración propia

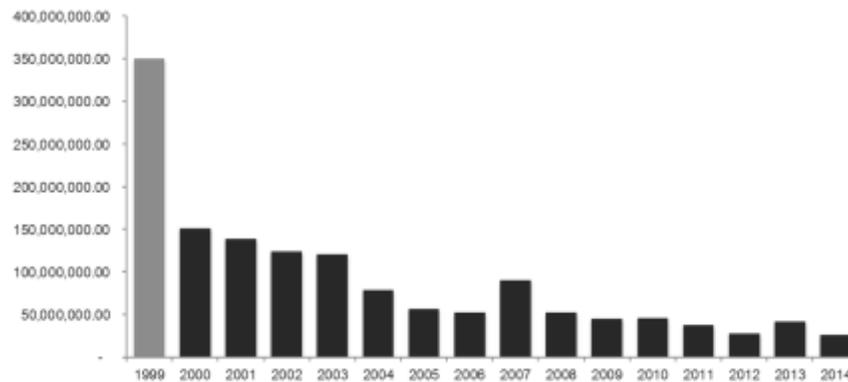


Figura 23. Consumo de gas de coque (m³).

Fuente: Elaboración propia

Gas de alto horno

Se produce a partir de la interacción del coque de carbón, mineral de hierro y la piedra caliza dentro de un alto horno con el fin de producir acero. Sin embargo, el desprendimiento de gases de este proceso permite capturar este gas que tiene asociado cierto poder calorífico y es utilizado por la misma industria para calentar los hornos para la generación de vapor con el fin de generar electricidad.

Los datos de este combustible, siguen la misma tendencia que la del gas de coque ya que se ocupan dentro de un mismo proceso.

	Consumo de Gas de alto horno (m ³)
1999	8,501,543,625.00
2000	3,618,804,624.00
2001	3,173,610,754.00
2002	2,918,173,233.00
2003	2,891,916,273.00
2004	2,011,585,070.00
2005	1,526,347,459.00
2006	1,344,271,412.00
2007	1,629,024,879.00
2008	1,544,592,484.00
2009	1,338,761,686.80
2010	1,781,178,223.88
2011	1,345,783,521.00
2012	928,000,099.00
2013	1,114,459,639.00
2014	1,226,042,289.90

Cuadro 22. Consumo de gas de alto horno (m³).

Fuente: Elaboración propia

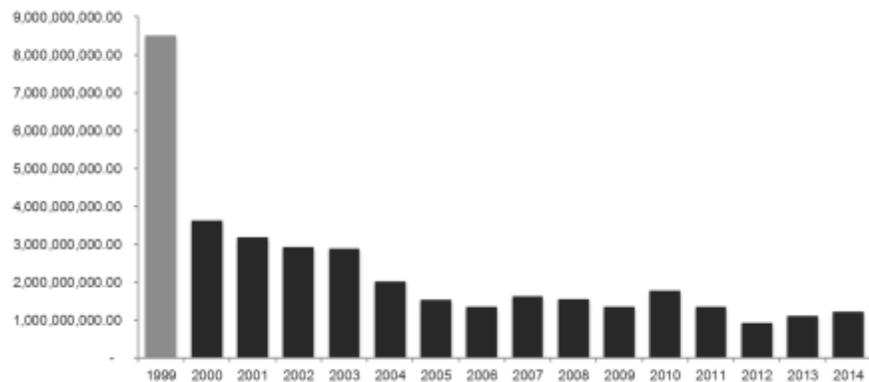


Figura 24. Consumo de gas de alto horno (m³).

Fuente: Elaboración propia

Gas L.P.

Es un hidrocarburo derivado de la refinación del petróleo compuesta principalmente por propano y butano, se obtiene en estado gaseoso y se comprime hasta su condensación, su consumo se da en forma de vapor mediante quemadores. Es uno de los principales energéticos de uso doméstico en el país, sin embargo, también suele utilizarse en la industria y generación eléctrica.

	Consumo de Gas L.P. (m ³)
1999	2,686.00
2000	2,829.84
2001	2,789.00
2002	69,403.81
2003	23,788,391.44
2004	40,510,852.25
2005	44,132,744.67
2006	44,590,273.30
2007	43,310,209.93
2008	19,906,125.29
2009	15,027,992.81
2010	25,797,176.78
2011	20,372,675.84
2012	21,023,690.55
2013	15,292,528.60
2014	198,127.36

Cuadro 23. Consumo de gas L.P. (m³).

Fuente: Elaboración propia

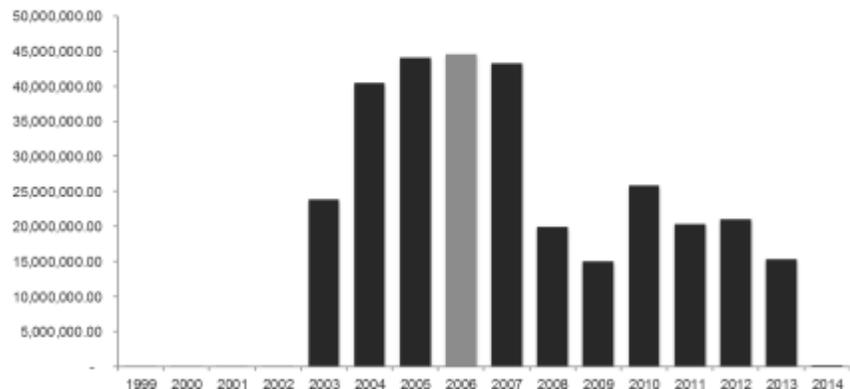


Figura 25. Consumo de gas L.P. (m³).

Fuente: Elaboración propia

Gas natural

El gas natural se refiere en realidad al gas seco obtenido del fraccionamiento del gas natural asociado y no asociado extraído del subsuelo, es el hidrocarburo más simple con un solo carbón dentro de su composición química y lo hace también el más limpio dentro de los combustibles de esta clasificación. Actualmente es uno de los combustibles más usados por las plantas generadoras de electricidad y cogeneración debido a los bajos precios del mercado y a las metas planteadas para la disminución de dióxido de carbono a la atmósfera.

Dentro de los reportes de los permisionarios, el gas natural es el combustible más usados para la generación de electricidad y su uso se muestra en la Figura 26.

	Consumo de Gas natural (m ³)
1996	1,168,818,331.53
1997	1,459,249,321.56
1998	2,698,815,483.90
1999	3,467,769,382.00
2000	3,848,175,724.14
2001	4,386,847,966.00
2002	7,753,774,503.99
2003	11,944,503,447.70
2004	15,159,401,207.24
2005	15,116,063,609.91
2006	18,337,532,371.97
2007	21,148,760,207.48
2008	22,137,565,282.43
2009	22,193,654,638.47
2010	22,444,636,758.47
2011	23,311,169,088.08
2012	22,938,486,984.75
2013	24,692,395,958.61
2014	24,931,367,831.23

Cuadro 24. Consumo de gas natural (m³).

Fuente: Elaboración propia

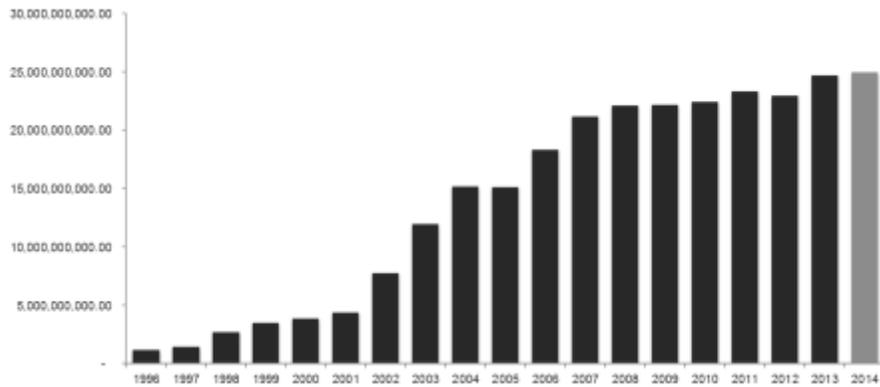


Figura 26. Consumo de gas natural (m³).

Fuente: Elaboración propia

Gas residual

Se obtiene a partir del proceso criogénico del gas húmedo dulce y es usado principalmente por la industria petrolera para el bombeo neumático.

	Consumo de Gas residual (m ³)
2009	77,034,877.80
2010	-
2011	317,186,486.10
2012	373,607,606.42
2013	433,613,458.62
2014	570,122,657.75

Cuadro 25. Consumo de gas residual (m³).

Fuente: Elaboración propia

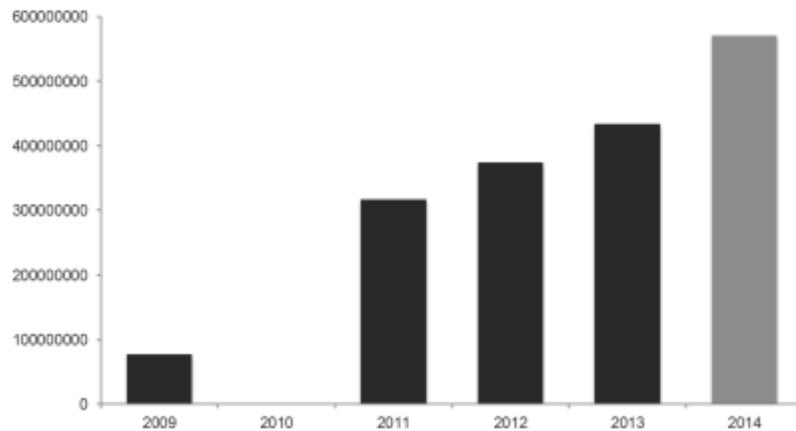


Figura 27. Consumo de gas residual (m³).

Fuente: Elaboración propia

Gasóleo

Es un combustible similar al diésel industrial, que se utiliza principalmente para fines de transporte y uso industrial menor, sin embargo, en algunos casos es usado para generación eléctrica por combustión interna.

Como se muestra en la Figura 28, los datos de los permisionarios parecen tener una tendencia a la baja, sin embargo, en el año 2010 se presenta una inconsistencia con el aumento del doble en el consumo con respecto al 2009, y en los siguientes años se redujo el consumo hasta ser nulo en el 2014.

	Consumo de Gasóleo (m³)
2003	5,666.79
2004	6,677.27
2005	6,041.57
2006	6,421.22
2007	6,787.92
2008	6,535.65
2009	4,704.16
2010	11,091.74
2011	2,508.28
2012	226.92
2013	283.75
2014	-

Cuadro 26. Consumo de gasóleo (m³).

Fuente: Elaboración propia

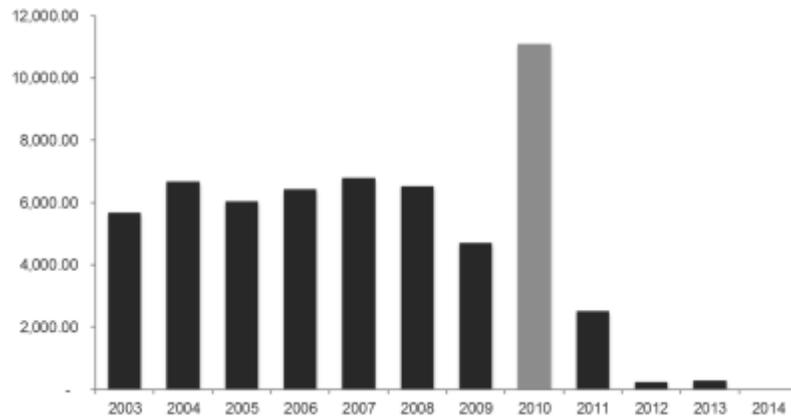


Figura 28. Consumo de gasóleo (m³).

Fuente: Elaboración propia

Licor negro

Es un residuo orgánico que se produce del proceso de extracción de pulpa celulosa de la madera y es reciclado para fines de combustión en las plantas papeleras y para generar electricidad.

Los datos que presentan los permisionarios parecen ir a la baja con excepción del 2010 y 2011 donde este combustible se dejó de consumir por completo.

	Consumo de Licor negro (ton)
2003	142,915.00
2004	129,079.00
2005	126,222.00
2006	72,979.40
2007	70,813.00
2008	65,981.10
2009	79,438.20
2010	-
2011	-
2012	29,381.00
2013	44,734.00
2014	22,013.50

Cuadro 27. Consumo de licor negro (ton).

Fuente: Elaboración propia

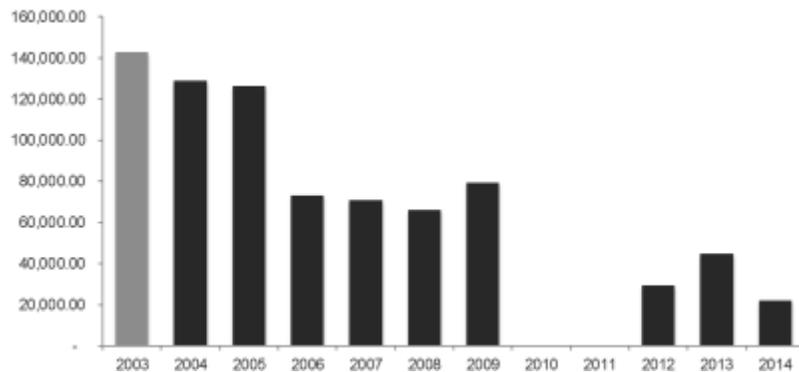


Figura 29. Consumo de licor negro(ton).

Fuente: Elaboración propia

2.4.15 Eficiencia eléctrica y factor de planta

La eficiencia y el factor de planta son los principales indicadores del comportamiento de las plantas de generación eléctrica. Dentro de los reportes este dato comenzó a presentarse a partir del 2005 y son datos calculados dentro de los mismos archivos Excel de los permisionarios, donde se asocia un poder calorífico a los combustibles y se divide entre la generación bruta del permisionario, este cálculo es deficiente debido a que los poderes caloríficos no están fundamentados y no cambian con respecto a los años.

Por otra parte, la eficiencia también debe considerar únicamente los combustibles usados en la planta y descartar los combustibles de emergencia, así mismo existe la posibilidad de que la planta reporte dos tipos de tecnología y sin embargo solo ocupe una, ya que la otra puede ser de emergencia o poseer una configuración diferente que no permita que esta forma de cálculo sea válida. Cabe mencionar que tanto la eficiencia como el factor de planta son datos asociados al tipo de tecnología que se utilice para la generación eléctrica, donde el factor se refiere al tiempo de utilización neto con respecto a un periodo de tiempo determinado. Para fines de la descripción del estado de los reportes, se promediaron la eficiencia y el factor de planta por separado de los permisionarios por tecnología.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ciclo combinado	51.19%	50.54%	49.09%	50.74%	50.80%	50.32%	49.27%	49.70%	48.67%	49.36%
Motogenerador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Combustión interna	28.16%	28.47%	24.49%	30.91%	30.31%	30.35%	27.63%	28.15%	30.73%	29.05%
Eololéctrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frenos regenerativos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidráulica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lecho fluidizado	39.50%	36.81%	37.77%	37.36%	36.52%	37.51%	37.63%	36.54%	35.78%	36.61%
Turbina de gas	21.84%	21.26%	20.74%	22.91%	23.17%	22.80%	23.38%	23.11%	22.96%	22.97%
Turbina de gas y comb. interna	16.58%	13.90%	18.76%	20.41%	21.75%	19.05%	22.01%	21.48%	22.26%	20.35%
Turbina de gas y t. de vapor	25.47%	27.23%	27.77%	24.22%	23.69%	22.33%	24.03%	25.36%	26.46%	30.12%
Turbina de gas, vapor y ciclo combinado	20.09%	20.98%	17.26%	20.10%	3.10%	19.86%	20.00%	19.00%	20.07%	23.18%
Turbina de vapor	10.11%	10.64%	10.29%	15.10%	14.08%	13.04%	13.25%	13.39%	12.49%	11.70%
Turbina de vapor y comb. Int.	0.00%	4.00%	4.67%	7.47%	5.81%	6.31%	5.56%	6.33%	6.63%	6.74%
Turbina de vapor y turboexpansor	-	-	37.68%	41.60%	32.95%	31.50%	35.20%	37.93%	37.35%	32.05%
Turbina hidráulica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbina hidráulica y comb. Int.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbina hidráulica y t. de vapor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 28. Promedio de eficiencia eléctrica (%).
Fuente: Elaboración propia

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Ciclo combinado	55.35%	58.82%	61.83%	63.51%	65.27%	64.77%	65.51%	60.52%	65.37%	61.21%
Motogenerador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Combustión interna	11.27%	11.13%	11.17%	10.99%	9.32%	9.06%	7.25%	7.11%	7.48%	7.30%
Eolobéctrica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Frenos regenerativos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidráulica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Importación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lecho fluidizado	78.90%	80.53%	83.55%	80.86%	68.38%	66.00%	63.67%	65.32%	85.06%	85.56%
Turbina de gas	43.17%	48.55%	45.18%	39.28%	37.80%	41.31%	40.81%	37.51%	40.65%	34.85%
Turbina de gas y comb. interna	8.23%	11.04%	12.55%	17.08%	18.46%	19.36%	17.86%	18.17%	17.79%	17.22%
Turbina de gas y t. de vapor	38.17%	40.74%	28.61%	40.30%	38.36%	42.19%	40.27%	37.63%	0.00%	52.96%
Turbina de gas, vapor y ciclo combinado	23.49%	25.30%	27.69%	26.97%	23.72%	27.83%	19.43%	26.19%	38.07%	47.25%
Turbina de vapor	23.42%	21.39%	19.24%	25.31%	24.26%	24.13%	23.53%	27.15%	27.48%	27.18%
Turbina de vapor y comb. Int.	0.00%	13.33%	12.55%	14.28%	15.81%	12.45%	13.61%	17.83%	20.84%	27.30%
Turbina de vapor y turboexpansor	-	-	31.52%	31.85%	31.43%	43.08%	46.43%	44.21%	40.95%	42.95%
Turbina hidráulica	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbina hidráulica y comb. Int.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Turbina hidráulica y t. de vapor	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N/A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 29. Promedio del factor de planta (%).

Fuente: Elaboración propia

3 Marco teórico: Procesamiento de información

El proceso de generación de estadística se puede separar en tres grandes grupos: diseño, ejecución y resultados. El diagrama 1 describe el proceso de acuerdo a la Norma Técnica para la Generación de Estadística Básica (INEGI, 2017):

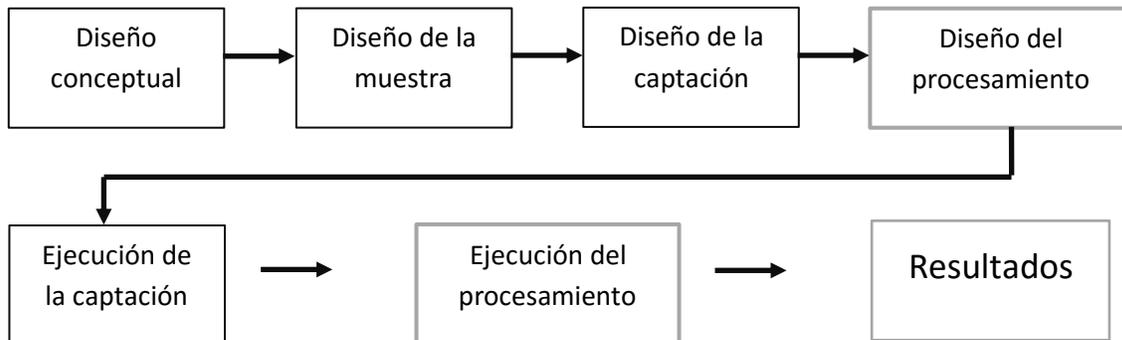


Diagrama 1. Generación de estadística básica.

Fuente: Elaboración propia con información del Instituto Nacional de Estadística y Geografía.

La información de los permisionarios de energía eléctrica es recolectada por la Comisión Reguladora de Energía, entidad que proporciona los datos a la Dirección de Estadística y Balances Energéticos, misma que, como parte de sus actividades, realiza la explotación de dicha información.

Para realizar la explotación de la información, la Dirección debe realizar el procesamiento de la misma. De acuerdo a la NORMA TÉCNICA PARA LA GENERACIÓN DE ESTADÍSTICA BÁSICA del Sistema Nacional de Información Estadística y Geográfica (SNIEG) publicada en el Diario Oficial de la Federación el 12 de noviembre de 2010, el procesamiento de la información se define como:

“Procesamiento: Serie de actividades mediante las cuales se ordenan, almacenan y preparan los archivos con la información captada, asegurando su congruencia a fin de proceder a su explotación para la presentación de resultados estadísticos.”

Además, hace referencia a dos fases del procesamiento: el diseño y la ejecución.

Diseño del procesamiento

La Norma establece que en esta fase se deben incluir la “determinación de los procesos manuales y automáticos necesarios para la captura, codificación, análisis de consistencia y validación de la información, así como los programas y sistemas para su explotación...”

Ejecución del procesamiento

La Norma requiere que se disponga oportunamente de equipo técnico y suministros, con la finalidad de evitar esperas; además hace hincapié en asegurar que los datos válidos originales se mantengan y que los programas y sistemas informáticos salvaguarden y almacenen los archivos electrónicos que se hayan generado durante el procesamiento de la información.

En el caso particular de este proyecto, se optó por realizar la limpieza de la base datos y posteriormente el análisis técnico y estadístico de la misma. Para esto se tomó como base la inteligencia de negocios.

3.1 Inteligencia de negocios

La inteligencia de negocios (BI, por su nombre en inglés, *Business Intelligence*) se define como la actividad de proporcionar parámetros para la toma de decisiones con base en información de calidad; aprovechando y analizando una variedad de fuentes de datos. La información y los datos pueden residir dentro o fuera de la organización, obtenerse de diferentes fuentes, tener diferentes estructuras y ser cualitativos o cuantitativos. (Sabherwal & Becerra-Fernandez, 2011).

La inteligencia de negocios permite conocer diversos aspectos de la información o datos analizados, aspectos que son difíciles de apreciar con los datos de entrada; por ejemplo, permite conocer las preferencias de los consumidores, identifica las áreas de oportunidad, muestra el desempeño y eficiencia de las áreas, etc.

El término inteligencia de negocios se puede utilizar en dos formas diferentes:

Para referirse al producto del proceso; es decir, a la información y conocimiento obtenidos que son útiles para la toma de decisiones.

Para referirse al proceso en sí; es decir, a la serie de actividades mediante las cuales la organización obtiene, analiza y distribuye la información y el conocimiento.

Es importante mencionar que el objetivo de la inteligencia de negocios es proporcionar el conocimiento necesario para tomar decisiones dentro de una organización; por esta razón, la información que resulta del proceso debe ser de calidad, oportuna y clara.

3.2 Proceso de la inteligencia de negocios

Para referirnos al proceso de la inteligencia de negocios es importante primero definir los componentes del mismo: herramientas de la inteligencia de negocios, las soluciones de la inteligencia de negocios, el procesamiento y el producto de la inteligencia de negocios.

Las herramientas de la inteligencia de negocios se refieren principalmente a software o aplicaciones diseñadas para el análisis y la presentación de datos; mientras que las soluciones de la inteligencia de negocios se refieren a las estrategias para el análisis mediante el uso de diferentes herramientas de la inteligencia de negocios. El procesamiento se refiere a la serie de actividades mediante las cuales se analizan los datos y el producto se refiere a la información obtenida que transmite el conocimiento necesario para realizar la toma de decisiones. (Sabherwal & Becerra-Fernandez, 2011)

En el Diagrama 2 se describe el proceso general de la inteligencia de negocios.

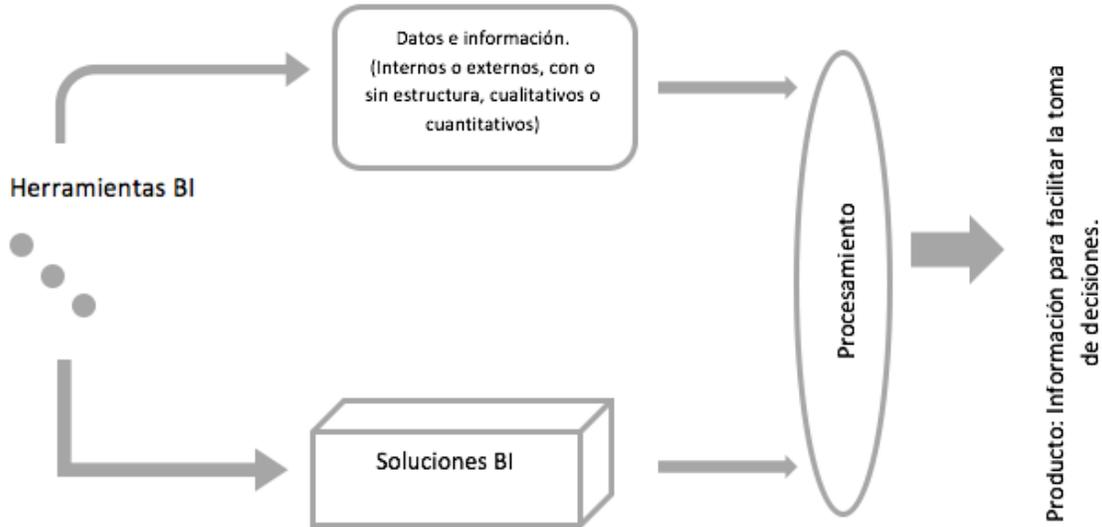


Diagrama 2. Proceso general de la inteligencia de negocios.
Fuente: Elaboración propia.

Para los fines de este proyecto, la herramienta principal utilizada para el procesamiento de la información recolectada por la Comisión Reguladora de Energía fue el con el software de Microsoft Excel, con el apoyo de una macro de Excel.

De acuerdo a la web oficial de Microsoft, proveedor del software Excel, una macro es una acción o un conjunto de acciones que se puede ejecutar todas las veces que se desee. (Microsoft, s.f.)

La macro utilizada fue diseñada para recopilar la información contenida en los reportes enviados por la CRE a la Dirección, de forma que respeta los valores originales reportados por el permisionario; posteriormente realiza el análisis de los campos reportados y realiza el cálculo de datos secundarios, como la eficiencia, la energía de entrada por combustible, capacidad utilizada, etc.; además realiza el seguimiento estadístico de los datos reportados y los calculados, resaltando aquellos que deben ser revisados. Al concluir el proceso y una vez aprobados por el especialista, dichos datos se exportan nuevamente a una tabla que contiene los rubros originales de los reportes de la CRE y los nuevos que fueron calculados durante el procesamiento de la información, así como aquellos que fueron corregidos.

Sin embargo, antes de analizar la parte del funcionamiento técnico de los permisionarios de energía eléctrica, se requirió homogeneizar la base de datos; para lo que fue necesario realizar la limpieza de la base de datos. Este proceso se describirá teóricamente en la sección 3.3 y la aplicación dentro del proyecto se detalla en el capítulo 4 de esta tesina.

3.3 Limpieza de una base de datos

La limpieza de una base de datos busca homogeneizar y catalogar la información para lograr consistencia y que la información se pueda presentar en diversos esquemas de consulta. Es fundamental para lograr la confiabilidad y organización en la base de datos.

Para llevar a cabo la limpieza se debe contar con una base de datos, partiendo de la hipótesis de que la información contiene errores.

A partir de esta hipótesis se deberá buscar la calidad en los datos, tanto en los valores como en la presentación de los mismos.

Los dos errores comunes que se pueden presentar en una base de datos son:

- Información duplicada: información que se refiere a la misma entidad en la realidad, pero los datos no son idénticos; es decir, atributos o registros que tienen contenidos distintos que debieran ser el mismo. Un ejemplo práctico de estos errores, se observa en el campo de número de permiso dentro de los reportes de los permisionarios de energía; algunos varían en algún dígito, en otros casos no cuentan con un número de permiso específico si no que aparecen con el término “REGULARIZACIÓN”. En este caso, la presentación de los datos se ve afectada, puesto que al crear esquemas con base en el número de permiso existirá información que será omitida.
- Valores extremos atípicos: son valores que distan demasiado del comportamiento promedio de la muestra. Aunque estos valores no necesariamente son errores, pueden ser generados por un mecanismo diferente de los datos normales, por ejemplo: problemas en sensores, mala calibración de instrumentos, errores humanos, etc.

Existen diferentes técnicas para la detección de estos errores, por ejemplo, para la detección de información duplicada encontramos la distancia de edición o distancia de Levenshtein, la cual se refiere al número mínimo de operaciones que deben realizarse para transformar una cadena de caracteres en otra; es decir, que una palabra se transforme en otra.

“La distancia de edición entre dos cadenas de texto A y B se basa en el conjunto mínimo de operaciones de edición necesarias para transformar A en B o viceversa. Las operaciones de edición permitidas son eliminación, inserción y sustitución de un carácter” (Datos).

AUT. → AUT requiere la inserción al final del punto (.)

IMPORTACIÓN → EXPORTACIÓN requiere la sustitución de la I por la E en la primera posición y de la M por la X en la segunda posición

Sin embargo, debido a que esta técnica resalta los casos en los que el número de operaciones es mínimo, para los fines de este proyecto no resulta ser el más conveniente, puesto que, si bien en el primer ejemplo es de gran utilidad y nos ayuda a detectar similares, en el segundo caso encontraríamos duplicados cuando en realidad son modalidades de permiso diferentes.

También son populares la Similitud de Smith-Waterman, que consiste en la máxima similitud entre una pareja sobre todas las posibles; Similitud de Jaro, que define la trasposición de dos caracteres como la única operación de edición permitida, sin requerir que los caracteres sean adyacentes. Entre otras técnicas.

En el caso de los valores extremos atípicos existen técnicas como:

La distancia de Mahalanobis: es un criterio que depende de los parámetros estimados de la distribución. Ésta describe la distancia entre cada punto de datos y el centro de masa. Cuando un punto se encuentra en el centro de masa, la distancia de Mahalanobis es cero y cuando un punto de datos se encuentra distante del centro de masa, la distancia es mayor a cero. Por lo tanto, los puntos de datos que se encuentran lejos del centro de masa se consideran valores atípicos.

Valores históricos: este criterio compara los datos con la información pasada, es decir, los límites de control se encuentran definidos por el máximo histórico observado y el mínimo histórico observado; cualquier valor por encima o por debajo de dichos límites se considera valor atípico.

En la sección 4.2 se analizará la información duplicada, referente a los atributos de cada uno de los permisionarios (información cualitativa); mientras que en las secciones 4.3 y 4.4 se analizarán los valores extremos atípicos (información cuantitativa).

4 Proceso general

El proceso general de la información correspondiente a los permisionarios de energía eléctrica comienza con el envío de la información por parte de la CRE a la SENER. Dicha información es enviada en un documento Excel que se encuentra dividido en cinco páginas. Cuatro de ellas reportan los datos de forma trimestral y la restante contiene los datos anuales. Tras recibir la información, la DEBE realiza los cálculos necesarios para obtener la información en unidades de energía, petajoules, con la finalidad de contar con los datos necesarios para dar soporte al Balance Nacional de Energía.

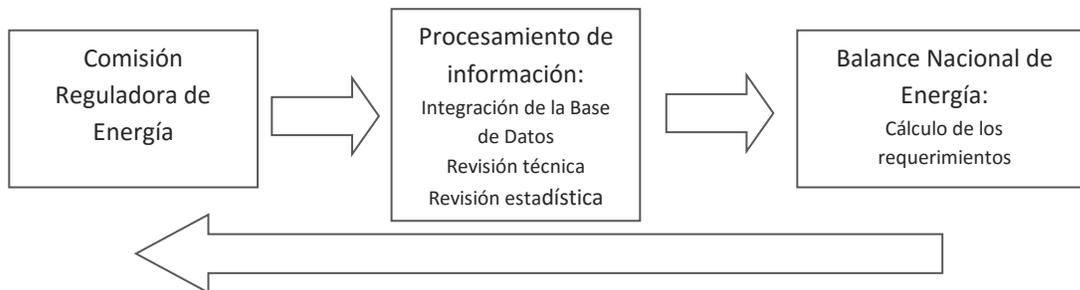


Diagrama 3. Proceso general de la información referente a los permisionarios de energía eléctrica.

Fuente: Elaboración propia.

4.1 Balance Nacional de Energía

Como parte de sus actividades, la Dirección de Estadística y Balances Energéticos publica anualmente el Balance Nacional de Energía (BNE) (Energía, gob.mx, s.f.). Dicho documento contiene información referente al año anterior a su publicación. Por lo tanto, para la elaboración de esta tesina se consultó la información correspondiente al Balance Nacional de Energía 2014, mismo que se describe por parte de la Secretaría de Energía de la siguiente manera:

“El Balance Nacional de Energía 2014 proporciona a la población en general, datos e información de alto grado de confiabilidad. Ello permite al usuario observar las directrices de los principales indicadores del sector, a fin de promover el uso de información actualizada que coadyuve en la participación de un sector renovado, mediante el uso de datos nacionales e internacionales validados por los principales actores del sector energético. (Secretaría de Energía, 2015)

Este documento menciona los siguientes objetivos:

- Proporcionar información básica y comparable a nivel nacional e internacional, para el análisis del desempeño del sector energético y la elaboración de estudios sectoriales.
- Servir de instrumento para la planeación indicativa del desarrollo sustentable del sector energético.
- Dar a conocer la estructura del sector energético por sus fuentes y usos de una manera clara y cuantitativa.
- Mostrar la dinámica de la oferta y la demanda de energía en el contexto económico actual del país.”

El Cuadro 30 presenta el análisis de las secciones del documento que requieren información referente a los permisionarios de energía eléctrica.

Sección	Información	Formato	Comentarios
Resumen ejecutivo	Generación de electricidad PIE. Generación de electricidad autogeneradores.	% de participación. Petajoules.	
Oferta y demanda de energía	Producción de energía primaria: Renovables, excepto leña.	Petajoules	Cuadro 2. Producción de energía primaria (Petajoules)
	Centrales eléctricas PIE, centrales eléctricas autogeneración.	Petajoules	Cuadro 4. Envío de energía primaria en centros de transformación (Petajoules)
	Combustibles.	Petajoules	Cuadro 5. Insumos de energía primaria en centros de transformación por fuente (Petajoules)
	Centrales eléctricas PIE. Centrales eléctricas autogeneración.	Petajoules.	Cuadro 6. Producción bruta de energía secundaria en los centros de transformación (Petajoules)
	Centrales eléctricas PIE. Centrales eléctricas autogeneración.	Petajoules.	Cuadro 7. Insumos de energía secundaria en centros de transformación (Petajoules)
	Pérdidas de energía en centrales eléctricas PIE.	Petajoules. Puntos porcentuales.	Consumo del sector energético.
Balance Nacional de Energía: matriz y diagramas.	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	Petajoules	Cuadro 24. Matriz del Balance Nacional de Energía (Petajoules)
	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	millones de barriles de petróleo equivalente	Cuadro 25. Matriz del Balance Nacional de Energía (millones de barriles de petróleo equivalente)
		Petajoules	Diagrama 1 y 2. Estructura del Balance Nacional de Energía, 2014 (Petajoules)
		Petajoules	Diagrama 15 y 16. Balance de electricidad autoabastecedores 2014, GWh (Petajoules)

Cuadro 30. Requerimientos del Balance Nacional de Energía.

Fuente: Elaboración propia

Balances Regionales	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	Petajoules	Cuadros 30 y 31. Balance regional de energía: Noroeste (Petajoules)
	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	Petajoules	Cuadros 32 y 33. Balance regional de energía: Centro-Occidente (Petajoules)
	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	Petajoules	Cuadros 34 y 35. Balance regional de energía: Sur-Sureste (Petajoules)
Anexo Estadístico	Producción de energía primaria: Renovables, excepto leña.	Petajoules	Cuadro 36. Producción de energía primaria 2004-2014 (Petajoules)
	Renovables, excepto leña.	Petajoules	Cuadro 40. Oferta interna bruta de energía primaria 2004-2014 (Petajoules)
	PIE: Eoloeléctrica Autogeneradores: Carbón, Hidroeléctrica, Eoloeléctrica, Bagazo de caña, Biogás, Solar.	Petajoules	Cuadro 41. Energía primaria a transformación por centro 2004-2014 (Petajoules)
	Otros autogeneración	Petajoules	Cuadro 42. Producción bruta de energía secundaria 2004-2014 (Petajoules)
	Fuentes alternas Hidrocarburos	Mega-Watt	Cuadro 55. Capacidad efectiva de generación eléctrica (MW)

Cuadro 30 (continuación). Requerimientos del Balance Nacional de Energía.

Fuente: Elaboración propia

4.2 Integración de la base de datos: Estandarización y homologación

Con base en los resultados derivados del diagnóstico se concluyó que es necesario contar con un orden en la estructura de los reportes de los permisionarios que permita integrar la información y homologarla para evitar la duplicidad de los mismos.

El concepto de una base de datos, se refiere a un banco de información histórica y categorizada que contiene datos con algún vínculo entre sí y que, a su vez, se encuentran almacenados para su estudio y análisis del comportamiento a través del tiempo.

La base de datos de los permisionarios de generación de energía eléctrica será una herramienta

eficaz para la explotación de la información correspondiente a los reportes de las actividades permitidas de generación.

4.2.1 Periodicidad trimestral

Dado que la periodicidad trimestral de los reportes comenzó en el año 1999, se realizó la integración de la base trimestral del periodo 1999-2014. Sin embargo, al no contar con información trimestral para el periodo 1996-1998 se realizaron los cálculos necesarios para obtener dicha información, los cuales se describen en esta metodología.

Una vez integrada la base trimestral de 1999 a 2014, se identificaron los permisionarios con actividades reportadas durante ambos periodos, es decir, que reportaron su información anual de 1996 a 1998 y a la vez, continuaron sus reportes en los siguientes años de forma trimestral. Al identificar a los permisionarios deseados, se calculó la aportación promedio trimestral de los datos de interés (Generación bruta, Consumo de auxiliares, Generación neta, Excedentes a CFE y Consumo de combustibles) durante el periodo 1999-2014.

$$F_{X,y,z} = \frac{\sum_{1999}^{2014} X_{y,z}}{\sum_{1999}^{2014} X_y};$$

donde:

$F_{X,y,z}$: Factor de aportación trimestral

X : dato analizado

y : identificador de cada permisionario

z : trimestre analizado

Ejemplo:

Para calcular el $F_{X,y,z}$ para la Generación Bruta (GB) durante el trimestre I (uno romano) del permisionario 1 se requerirá la siguiente información:

$$F_{GB,1,I} = \frac{\sum_{1999}^{2014} GB_{1,I}}{\sum_{1999}^{2014} GB_1};$$

El factor de aportación trimestral (F) representa el porcentaje promedio durante un trimestre dado por permisionario; es decir, nos permite conocer el comportamiento histórico de la distribución porcentual de la generación bruta, consumo de auxiliares, etcétera; y con esta base poder calcular la aportación realizada durante los trimestres desconocidos a partir del dato anual reportado. Así, para obtener los datos faltantes en el periodo 1996-1998, el factor de aportación trimestral calculado se multiplicó por la generación bruta anual y se obtuvo la generación para el periodo requerido.

$$X_{y,z,w} = (F_{X,y,z})(X_w);$$

donde:

w : es el año del dato deseado

De esta forma, para cada uno de los permisionarios se realizó el cálculo de cuatro factores de aportación trimestral que nos permitieran conocer la participación de cada uno de los trimestres con respecto al total anual.

Ejemplo:

Se muestra el cálculo de la GB del permisionario 1 durante el primer trimestre del año 1996:

$$GB_{1,J,1996} = (F_{GB,1,t})(GB_{1996})$$

En los casos en los que el permisionario, no reportaba información posterior a 1998 no fue posible calcular el factor de aportación trimestral, por lo que se asignó el 25% del total anual a cada uno de los trimestres.

Una vez calculados los datos trimestrales para el periodo 1996-1998 se integró dicha información a la base de datos trimestral. De esta manera se obtuvo la base de datos trimestral completa para el periodo 1996-2014.

4.2.2 Homologación de datos

Para consolidar la información de la base de datos y generar un orden en su presentación, se asignó un número de identificación para cada permisionario y se homologaron sus datos conforme al registro del título de permiso. Con base en lo anterior, se realizaron las correcciones necesarias conforme a las siguientes consideraciones:

- ID: Se asignaron identificadores de acuerdo al número de permiso para cada uno de los permisionarios de energía eléctrica con la finalidad de manejar información específica para cada permisionario durante las siguientes revisiones (técnica y estadística).
- Nombre: Se homologaron los nombres de los permisionarios de generación de energía eléctrica de acuerdo al nombre especificado en el Título de Permiso expedido por la Comisión Reguladora de Energía. Además, se corroboró el nombre del permisionario de acuerdo registro actual publicado por la CRE dentro del documento “Tabla de Permisos Vigentes de Generación Eléctrica por Tipo de Energético Primario Utilizado a Nivel Nacional de Octubre de 1995 a Diciembre de 2015”.
- Modalidad: Se asignó una abreviatura con mayúsculas para cada una de las modalidades y se homologó la ortografía de dicho dato en la base de datos trimestral. Esta actividad permitirá un manejo confiable y ágil de la información de acuerdo a la modalidad.

Abreviatura	Modalidad
AUT	Autoabastecimiento
COG	Cogeneración
EXP	Exportación
IMP	Importación
PIE	Productor Independiente de Energía
PP	Pequeño Productor
UPC	Usos Propios Continuos

Cuadro 31. Homologación de la modalidad del permiso.

Fuente: Elaboración propia

- Fecha de permiso: Se homologaron las fechas de otorgamiento registradas en el Título de Permiso emitido por la CRE.
- Número de permiso: Se homologó el número de permiso de acuerdo al número especificado en

la Tabla de Permisos Vigentes de Generación Eléctrica por Tipo de Energético Primario Utilizado a Nivel Nacional de Octubre de 1995 a Diciembre de 2015, con la finalidad de lograr consistencia en la base de datos y poder contar con un dato único de identificación para cada uno de los permisionarios.

- Sector: Se homologaron los sectores industriales de acuerdo al desglose utilizado en el Balance Nacional de Energía. Los sectores de clasificación son los siguientes:

Sector
Industrial
Siderurgia
Química
Azúcar
Petroquímica de PEMEX
Cemento
Minería
Celulosa y papel
Vidrio
Cerveza y malta
Fertilizantes
Automotriz
Aguas envasadas
Construcción
Hule
Aluminio
Tabaco
Otras ramas
Residencial
Comercial
Público
Transporte
Eléctrico
Ferroviario
Agropecuario

Cuadro 32. Sectores industriales del Balance Nacional de Energía.
Fuente: Elaboración propia con información del Balance Nacional de Energía 2014.

- Tipo de tecnología: Se verificó la consistencia dentro de la base de datos para cada uno de los permisos asignados y se validaron los cambios existentes mediante la revisión de las resoluciones emitidas por la CRE.
- Ubicación de planta: Se homologó la ubicación de planta, de acuerdo a la entidad federativa.
- Capacidad autorizada: Se revisaron los casos en los que la capacidad autorizada cambió y se validaron las fluctuaciones de acuerdo a las resoluciones emitidas por la CRE.

4.3 Revisión técnica

La etapa de revisión técnica de los datos de los reportes de los permisionarios de generación de energía eléctrica atiende las necesidades para mejorar la calidad de la información y brindarle consistencia con respecto al comportamiento teórico de los flujos energéticos.

Para definir los principios del comportamiento técnico, es necesario implementar ciertos parámetros referentes al tipo de tecnología de generación, así como al tipo de combustible que utilice.

El primero de estos parámetros es el poder calorífico de los combustibles, usado para calcular la energía de entrada de las plantas asociadas a tecnologías térmicas por combustión.

Por otro lado, se definirán tres parámetros técnicos (eficiencia, factor de planta y consumo de auxiliares), los cuales servirán para definir un intervalo aceptado por cada tipo de tecnología. Dichos parámetros se fundamentarán en una de las publicaciones de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) que presenta los Costos y Parámetros de Referencia para la Formulación de Proyectos de Inversión del Sector Eléctrico (COPAR). En él se integran las condiciones máximas y mínimas de operación de las plantas de generación eléctrica de la CFE en todo el país. Para ampliar la utilidad de los datos de los permisionarios de generación eléctrica y robustecer la información, se generarán estadísticos secundarios conforme a sus actividades, de los cuales se derivan los tres indicadores del comportamiento de los permisionarios (energía de entrada, eficiencia eléctrica calculada y factor de planta). Además, se integrarán los datos de energía de entrada por combustible, energía generada por combustible y la capacidad utilizada para cada periodo de análisis.

Una vez calculados los estadísticos secundarios, se implementarán las revisiones técnicas de los datos y se aplicarán las correcciones necesarias de acuerdo a las observaciones técnicas derivadas de su análisis, así como del criterio científico-teórico del analista.

4.3.1 Parámetros de referencia

4.3.1.1 Poder calorífico

El poder calorífico es la cantidad de energía que puede liberar cierto volumen o masa de un combustible. Cada combustible tiene asociado un poder calorífico distinto y puede variar con respecto a la forma en la que se produce el combustible, por lo cual, el poder calorífico de un combustible puede ser distinto dependiendo de su origen, sus condiciones atmosféricas, y las concentraciones de los diferentes elementos que lo integran. Para resolver la aplicación de este parámetro se recurrió al Balance Nacional de Energía, donde se publican los poderes caloríficos promedio de los combustibles más utilizados a nivel nacional.

Por otro lado, existen combustibles utilizados por ciertos permisionarios, de los cuales no se tiene ninguna fuente certera respecto a su poder calorífico (combustóleo ligero aditivado, licor negro, bagazo de malta y aserrín). Sin embargo, la CRE considera el poder calorífico de dichos combustibles para el cálculo de la eficiencia en los reportes, mismos que se usaron para calcular la energía de entrada durante el desarrollo de esta revisión. Con base en lo anterior, se integró la información de los poderes caloríficos mostrados en el Cuadro 33:

		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Petróleo crudo (promedio de la producción)	(MJ/b)	6,270	6,225	6,147	6,155	6,382	6,398	6,391	6,375	6,347	6,316	6,312
Condensados	(MJ/b)	3,879	3,879	3,879	3,879	4,845	4,944	4,968	4,968	4,836	4,836	4,836
Gas natural (promedio asociado y no asociado)	(kJ/m ³)	37,352	41,771	42,254	39,643	39,017	40,178	38,875	40,013	40,319	41,123	41,041
Gas natural asociado ¹	(kJ/m ³)	42,661	44,077	45,344	41,283	40,053	39,942	40,389	40,724	40,941	42,103	42,103
Gas natural no asociado	(kJ/m ³)	39,271	38,116	38,041	37,482	37,296	40,314	36,067	38,563	38,860	38,563	38,563
Carbón térmico nacional	(MJ/t)	19,405	19,405	19,405	19,405	19,405	19,405	19,432	19,432	19,432	19,432	19,432
Carbón térmico de importación	(MJ/t)	25,284	25,284	25,284	25,284	25,284	25,284	22,543	22,543	22,543	22,543	22,543
Carbón siderúrgico nacional	(MJ/t)	23,483	23,483	23,483	23,483	29,335	29,335	29,335	29,335	29,335	29,335	29,335
Carbón siderúrgico de importación	(MJ/t)	29,559	29,559	29,559	29,559	28,954	28,954	28,954	28,954	28,954	28,954	28,954
Gasolinas naturales	(MJ/b)	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781	4,781
Coque de petróleo	(MJ/t)	30,675	30,675	30,675	31,424	31,424	32,617	28,933	27,210	31,758	29,300	31,758
Gas licuado	(MJ/b)	3,812	3,765	3,765	4,177	4,251	4,248	4,256	4,204	4,175	4,124	4,124
Gasolinas y naftas	(MJ/b)	5,091	5,092	5,093	5,094	5,095	5,096	5,097	5,147	5,122	5,122	5,134
Metil-terbutil-éter (MTBE)	(MJ/b)	5,746	4,758	4,758	4,611	5,149	4,473	4,427	4,546	4,214	4,396	4,210
Querosenos	(MJ/b)	5,335	5,223	5,223	5,376	5,450	5,477	5,564	5,575	5,543	5,561	5,530
Diésel	(MJ/b)	5,757	5,426	5,426	5,652	5,952	5,692	5,681	5,813	5,650	5,715	5,620
Combustóleo	(MJ/b)	6,388	6,019	6,019	6,271	6,429	6,538	6,364	6,438	6,324	6,376	6,296
Asfaltos	(MJ/b)	6,993	6,642	6,430	6,624	6,444	6,691	6,540	6,501	5,971	6,337	6,619
Lubricantes	(MJ/b)	6,346	6,182	6,211	6,182	5,970	5,957	5,970	6,037	6,037	6,010	6,333
Gas seco ²	(kJ/m ³)	32,596	38,004	38,204	33,601	33,511	37,258	35,635	36,937	36,789	37,723	37,890
Azufre	(MJ/t)	9,296	9,007	9,007	9,043	9,269	9,177	9,214	9,231	9,036	9,160	9,296
Etano	(MJ/b)	2,849	2,851	2,849	2,854	2,854	2,850	2,847	2,846	2,846	2,846	2,674
Materia prima para negro de humo	(MJ/b)	7,010	6,194	39,475	17,399	21,890	6,349	6,404	6,673	6,209	6,429	6,153
Gas seco de exportación	(kJ/m ³)	35,812	35,812	35,812	39,791	36,986	39,791	39,791	38,912	34,539	34,539	34,541
Gas seco de importación	(kJ/m ³)	34,614	34,614	34,614	36,572	36,848	38,196	38,397	38,267	38,116	38,116	38,108
Gas de alto horno	(MJ/m ³)	3,454	3,454	3,454	3,454	3,454	3,454	3,454	3,454	3,454	3,454	3,454
Gas de coque	(MJ/m ³)	18,423	18,423	18,423	18,423	18,423	18,423	18,423	18,423	18,423	18,423	18,423
Gasóleo	(MJ/m ³)	42,523	42,523	42,523	42,523	42,523	42,523	42,523	42,523	42,523	42,523	42,523
Biogas	(MJ/m ³)	19,93	19,93	19,93	19,93	19,93	19,93	19,93	19,93	19,93	19,93	19,93
Coque de carbón	(MJ/t)	26,521	26,521	26,521	26,521	26,521	26,521	26,521	26,521	26,521	26,521	26,521
Leña	(MJ/t)	14,486	14,486	14,486	14,486	14,486	14,486	14,486	14,486	14,486	14,486	14,486
Bagazo de caña	(MJ/t)	7,055	7,055	7,055	7,055	7,055	7,055	7,055	7,055	7,055	7,055	7,055
Equivalente de electricidad en términos secundarios	(MJ/MWh)	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600
Uranio	(MJ/g)	3,287	3,287	3,287	3,287	3,287	3,287	3,287	3,287	3,287	3,287	3,287

Cuadro 33. Poder calorífico de los combustibles.
Fuente: Balance Nacional de Energía 2014, SENER.

4.3.1.2 Eficiencia eléctrica

La eficiencia eléctrica de una planta se refiere a la cantidad de energía de entrada (EE) sistema con respecto a la generación bruta (GB) de electricidad. Este parámetro es un limitante técnico debido al desarrollo tecnológico, en otras palabras, cada tecnología tiene un tope máximo de eficiencia.

$$\%ee = \frac{GB}{EE};$$

donde:

%ee: Porcentaje de eficiencia eléctrica

GB: Generación bruta

EE: Energía de entrada

Por otro lado, la eficiencia eléctrica solo puede ser calculada de esta forma para las tecnologías térmicas de generación, debido a que las fuentes de energía como la hidráulica, eólica, solar, entre otras, funcionan a través de energía de entrada mecánica, de radiación u otra. Es por esto que la revisión técnica se limitará a verificar la eficiencia con respecto a los sistemas térmicos de generación eléctrica, mientras que, para las tecnologías limpias de energía renovable, el factor de planta será el único y principal indicador de su comportamiento.

4.3.1.3 Factor de planta

El factor de planta es un indicador del aprovechamiento de la capacidad instalada con respecto a la generación eléctrica durante un tiempo dado. Cada tecnología tiene un límite mínimo y un máximo de uso de las instalaciones. Si el factor de planta es muy bajo, se dice que el

aprovechamiento de la planta es muy bajo y probablemente la generación bruta deba ser mayor a la reportada. Por otro lado, si es muy alto, la generación probablemente deba ser menor a la reportada.

$$FP = \frac{GB[GWh] * 1000}{\frac{horas_{del\ periodo}}{CA}};$$

donde:

FP: Factor de planta

GB: Generación bruta (en unidades de GWh)

CA: Capacidad autorizada para el permisionario analizado

4.3.1.4 Consumo de auxiliares (usos propios)

El consumo de energía eléctrica de los equipos auxiliares debe tener límites, mientras menor sea este consumo, la eficiencia neta de la planta será mayor y la generación neta será también mayor. El cuadro 34 se refiere a la tabla de Costos y Parámetros de Referencia (COPAR) del año 2014, de la cual se toman los parámetros de referencia anteriormente descritos:

Tecnología	Número de unidades ^{1/}	Potencia bruta (MW)	Eficiencia Bruta (%)	Vida económica (años)	Factor de planta	Usos propios (%)
Termoeléctrica convencional con desulfurador y equipo para control de partículas	2	350.00	40.08	30	0.750	4.8
	2	160.00	38.62	30	0.650	6.3
	2	80.00	35.76	30	0.650	6.4
Turbogás aeroderivada gas ^{2/}	1	43.70	37.48	30	0.125	3.1
	1	103.50	39.28	30	0.125	3.3
Turbogás industrial gas ^{2/}	1	84.80	29.65	30	0.125	2.1
	1F	182.50	33.90	30	0.125	2.2
	1G	262.90	35.70	30	0.125	2.9
	1H	274.80	36.48	30	0.125	2.9
Turbogás aeroderivada diesel ^{2/}	1	41.00	37.98	30	0.125	1.6
Ciclo combinado gas ^{2/}	1A*1	107.00	47.34	30	0.800	3.0
	1F*1	281.50	51.66	30	0.800	3.0
	2F*1	566.40	51.96	30	0.800	3.0
	3F*1	849.60	51.97	30	0.800	3.0
	1G*1	393.10	52.75	30	0.800	3.3
	2G*1	788.10	52.88	30	0.800	3.2
	1H*1	405.70	53.86	30	0.800	3.5
	2H*1	813.60	54.00	30	0.800	3.5
Combustión interna ^{3/}	1	44.00	44.30	25	0.650	3.9
	3	3.60	37.81	20	0.650	9.1
Carboeléctrica c/desulf. ^{4/}	2	350.00	39.96	40	0.800	5.2
Carb. supercrítica s/desulf. ^{4/}	1	700.00	44.43	40	0.800	3.8
Carb. supercrítica c/desulf. ^{4/}	1	700.00	42.86	40	0.800	4.2
Nuclear ABWR	1	1,400.00	34.76	60	0.900	3.5
Nuclear AP1000	1	1,200.00	35.00	60	0.900	7.8
Geoterm. Cerro Prieto	4	27.00	19.02	30	0.850	7.3
Geoterm. Los Azufres	4	26.60	18.30	30	0.850	6.1
P.H. El Cajón	2	375.00		50	0.160	0.5
P.H. La Parota	2	228.40		50	0.340	1.5
P.H. Tenosique	3	142.00		50	0.540	1.5
P.H. Chicoasén H	3	81.20		50	0.300	1.5
P.H. Las Cruces	3	81.20		50	0.360	1.5
P.H. Angostura H	3	35.50		50	0.250	1.5
P.H. Cosautlán	2	6.60		50	0.880	1.5
P.H. La Yesca	2	375.00		50	0.185	0.5
Eólica clase de viento 6	67	1.50		25	0.350	0.1
Eólica clase de viento 7	67	1.50		25	0.400	0.1
Solar fotovoltaica	1	60.00		25	0.200	0.1

1/ Número de unidades por cada central o número de turbinas de gas por cada turbina de vapor.

2/ Potencia y eficiencia en condiciones ISO: Temperatura ambiente 15°C, humedad relativa de 60% y presión atmosférica al nivel del mar.

3/ Potencia y eficiencia en condiciones ISO 15550:2002; ISO 3046-1:2002: Temperatura ambiente 25°C, humedad relativa de 30% y presión barométrica de 1.0 bar.

4/ Considera precipitadores electrostáticos y como equipo opcional el desulfurador húmedo.

Cuadro 34. Características y datos técnicos de proyectos típicos.

Fuente: COPAR 2014, CFE.

4.3.2 Estadísticos secundarios

4.3.2.1 Energía de entrada por combustible

La energía de entrada de combustible se puede calcular, al multiplicar el volumen o la masa del combustible por su poder calorífico. De este modo obtenemos la energía de entrada de cada combustible.

$$EE_{A,b,c,d} = Q_{A,b,c,d} * PC_{b,c}$$

donde:

EE: Energía de entrada de un permisionario

A: Permisionario analizado

b: Combustible analizado

c: Año analizado

d: Trimestre analizado

Q: Cantidad en volumen o masa del combustible consumido

PC: Poder calorífico

4.3.2.2 Energía de entrada total

La energía de entrada total se calcula como la suma de la energía de entrada de los combustibles utilizados por la planta de generación eléctrica.

$$EET_{A,c,d} = \sum_{b=1}^n EE_{A,b,c,d} ;$$

donde:

EET: Energía de entrada total de un permisionario

4.3.2.3 Eficiencia eléctrica

La eficiencia eléctrica se calcula como la energía de entrada total del sistema entre la generación bruta de la planta en un periodo dado.

$$\%ee_{A,c,d} = \frac{EET_{A,c,d}}{GB_{A,c,d}} ;$$

4.3.2.4 Capacidad utilizada

La capacidad utilizada está asociada a la generación bruta, al igual que el factor de planta, dicho de otra forma, la capacidad utilizada es el factor de planta expresado en megawatts.

$$CU_{A,c,d} = \frac{GB_{A,c,d} * 1000}{hr_d} ;$$

donde:

CU: Capacidad utilizada por un permisionario

hr: horas

4.3.2.5 Factor de planta

El factor de planta es el indicador de aprovechamiento de la capacidad autorizada con respecto a la generación bruta de la planta en un periodo dado. Se calcula como la capacidad utilizada entre la capacidad autorizada.

$$FP_{A,c,d} = \frac{CU_{A,c,d}}{CA};$$

donde:

FP: Factor de planta de un permisionario

4.3.2.6 *Energía generada por combustible*

La energía de entrada de cada combustible se calcula como la energía de entrada aportada por el combustible, multiplicada por la eficiencia eléctrica del permisionario.

$$EG_{A,b,c,d} = EE_{A,b,c,d} * \%ee_{A,c,d};$$

donde:

EG: Energía generada por el permisionario analizado

4.3.3 Metodología

La revisión técnica de los datos de los permisionarios de generación eléctrica requiere del conocimiento científico de las leyes que rigen el comportamiento de los flujos energéticos y la experiencia en el estudio de las tecnologías de generación eléctrica. Existen parámetros técnicos que no pueden ser corregidos de forma automática, para los cuales, se considerarán recomendaciones técnicas que funjan como herramientas para establecer el dato definitivo que se incorpore a la base de datos revisada técnicamente. Por otro lado, pueden presentarse datos que violen las leyes de los flujos energéticos que deberán considerarse como datos erróneos y se corregirán de forma inmediata haciendo cumplir el régimen de comportamiento técnico al cual están sujetos. En seguida se presentan las condiciones y recomendaciones técnicas que serán la base en la toma de decisiones para los ajustes competentes a la revisión técnica y en el Anexo de este documento se presentan ejemplos prácticos.

4.3.3.1 Capacidad en operación

Si la Generación bruta de la planta es cero, la capacidad en operación de la misma deberá ser cero de igual manera.

$$Si (GB_{A,c,d} = 0) \Rightarrow CO_{A,c,d} = 0;$$

donde:

CO: Capacidad en operación del permisionario analizado

La capacidad en operación no puede ser mayor a la capacidad autorizada. En el caso de que sea mayor se deberá realizar un ajuste a la capacidad autorizada.

$$Si (CO_{A,c,d} > CA_{A,c,d}) \Rightarrow CO_{A,c,d} = CA_{A,c,d};$$

En el caso de que la capacidad en operación sea igual a cero se considerara correcto únicamente si el permisionario no generó durante el periodo de tiempo que se esté analizando. De lo contrario, se pondrá el valor de la capacidad autorizada.

$$Si (CO_{A,c,d} = 0 \wedge GB_{A,c,d} \neq 0) \Rightarrow CO_{A,c,d} = CA_{A,c,d};$$

Si la capacidad en operación es menor o igual a la capacidad autorizada, y la generación bruta es diferente de cero, se considerará técnicamente correcto el dato reportado originalmente.

$$Si (CO_{A,c,d} \leq CA_{A,c,d} \wedge GB_{A,c,d} \neq 0) \Rightarrow CO_{A,c,d} = CO_{A,c,d};$$

4.3.3.2 Generación bruta

Si la generación bruta es igual a cero, la generación y los datos dependientes deben de ser cero.

$$Si (GB_{A,c,d} = 0) \Rightarrow CO_{A,c,d}, CX_{A,c,d}, GN_{A,c,d}, EX_{A,c,d}, Q_{A,b,c,d} = 0;$$

donde:

CX: Consumo de auxiliares de un permisionario

GN: Generación neta de un permisionario

EX: Excedentes a CFE por parte de un permisionario

Q: Consumo de combustible de un permisionario

La generación bruta debe estar dentro de la capacidad autorizada de la planta, dado que la capacidad utilizada está directamente relacionada con la generación bruta, esta debe ser menor que la capacidad autorizada para considerarse correcta. En el caso que sea mayor, se deberá hacer la corrección con respecto a la capacidad en operación recomendada y se reportará en GWh.

$$Si (CU_{A,c,d} > CA_{A,c,d}) \Rightarrow GB_{A,c,d} = \frac{CO_{A,c,d} * hr_z}{1000} [GWh];$$

4.3.3.3 Consumo de auxiliares

Si la generación bruta es igual a cero, o la modalidad del permiso es importación, el consumo de auxiliares se considerará como cero.

$$Si (GB_{A,c,d} = 0) \Rightarrow CX_{A,c,d} = 0;$$

En el caso que no se presenten las condiciones anteriores y el consumo de auxiliares sea cero, o este fuera del rango del consumo de equipos auxiliares que define el COPAR, se recomendará realizar el siguiente ajuste.

$$CX_{A,c,d} = \frac{CX_{m\acute{a}x} + CX_{m\acute{i}n}}{2} * GB_{A,c,d};$$

donde:

$CX_{m\acute{a}x}$: Consumo máximo de auxiliares registrado en el COPAR de acuerdo al tipo de tecnología

$CX_{m\acute{i}n}$: Consumo mínimo de auxiliares registrado en el COPAR de acuerdo al tipo de tecnología

4.3.3.4 Generación neta

La generación neta debe coincidir con la diferencia entre la generación bruta y el consumo de auxiliares. En caso de no ser así se deberá ajustar el valor original a dicha diferencia.

$$Si (GN_{A,c,d} \neq GB_{A,c,d} - CX_{A,c,d}) \Rightarrow GN_{A,c,d} = GB_{A,c,d} - CX_{A,c,d};$$

4.3.3.5 Excedentes a CFE

Las actividades permisionadas de generación de energía eléctrica tienen como objetivo habilitar a los particulares para que produzcan la energía eléctrica que les permita abastecer sus propias necesidades o las de sus socios. En ese sentido, no tienen la finalidad de entregar la energía generada a la red nacional administrada por CFE para el servicio público. No obstante, conforme a la ley del Servicio Público de Energía Eléctrica en su artículo 36; señala que el permisionario deberá poner a disposición de la CFE sus excedentes de producción de energía eléctrica conforme a los términos del artículo 36-bis.

Lo anterior permite tener un parámetro para revisar la congruencia de la información reportada, de tal forma que observar un porcentaje mayor al 10% de la generación bruta será un elemento válido para revisar este dato y se realicen los ajustes o recomendaciones necesarias.

$$Si (EX_{A,c,d} > GB_{A,c,d} * .1) \Rightarrow Revisar: EX_{A,c,d} = GB_{A,c,d} * 0.1;$$

4.3.3.6 Energía entregada

La energía entregada puede revisarse con base en el resultado de la eficiencia calculada debido a que la eficiencia, es inversamente proporcional a la energía entregada. Si la eficiencia eléctrica calculada, es mayor a la eficiencia eléctrica máxima considerada en el COPAR, se deberá realizar un ajuste para que la energía entregada coincida con la eficiencia máxima usada como referencia.

$$\text{Si } (\%ee_{A,c,d} > \%ee_{m\acute{a}x}) \Rightarrow EER_{A,c,d} = \frac{GB_{A,c,d}}{\%ee_{m\acute{a}x}};$$

donde:

$\%ee_{m\acute{a}x}$: Eficiencia eléctrica máxima registrada en el COPAR de acuerdo al tipo de tecnología

EER : Energía de entrada recomendada para un permisionario

La eficiencia eléctrica puede ser tan baja como lo permita el permisionario, por falta de mantenimiento o alguna otra circunstancia. Sin embargo, se hará la recomendación en caso de que la eficiencia eléctrica calculada sea menor al 10% en caso de ser calculada.

$$\text{Si } (\%ee_{A,c,d} < 10\%) \Rightarrow EER_{A,c,d} = \frac{GB_{A,c,d}}{\%ee_{m\acute{i}n}};$$

donde:

$\%ee_{m\acute{i}n}$: Eficiencia eléctrica mínima registrada en el COPAR de acuerdo al tipo de tecnología

Por otro lado, si la eficiencia eléctrica calculada se encuentra dentro del intervalo que involucra la revisión, será considerado como correcto.

4.3.3.7 Consumo de combustibles

Si la energía de entrada calculada es diferente a la energía de entrada recomendada y se atiende dicha recomendación, el consumo de combustibles deberá ajustarse con respecto a la nueva energía de entrada. Dicho ajuste se realizará de la siguiente manera:

$$\text{Si } (EE_{A,c,d} \neq EER_{A,c,d}) \Rightarrow Q_{A,b,c,d} = \frac{EE_{A,b,c,d}}{EE_{A,c,d}} * PC_{b,c};$$

4.4 Revisión estadística

4.4.1 Metodología

Además de la revisión técnica de la base de datos de autogeneración de energía eléctrica, se llevará a cabo una revisión estadística con el objetivo de reportar datos confiables, de calidad, consistentes y robustos.

Debido a que la información dispuesta en la base de datos es muy dispersa y los rangos de la capacidad en operación pueden variar entre 1 y 2000 MW, resulta imposible aplicar una revisión estadística general a la base de datos. Por ello, es necesario estratificar los datos y hacer consideraciones precisas para cada revisión. Para evitar errores de cualquier índole, se definió establecer la revisión estadística por cada permisionario y de ese modo, realizar las correcciones pertinentes.

Una vez verificada la información por permisionario, será más sencillo complementar la información faltante dentro de los registros. Para realizar dichas estimaciones se plantearon dos escenarios hipotéticos. El primero de ellos contempla que el permisionario pudo haber omitido el reporte correspondiente a un periodo dado, mientras el segundo contempla que el permisionario omitió el reporte de cierto periodo y en el sucesivo reportó las cantidades acumuladas.

Dado que las recomendaciones estadísticas podrían variar de forma abrupta para la energía de entrada debido a la variedad de combustibles, energías renovables y permisionarios que reporten periodos intermitentes de consumo, no es posible hacer el análisis estadístico directamente a los datos de consumo. Por ello, los indicadores de generación (eficiencia eléctrica y factor de planta) serán nuestro parámetro de referencia para analizar el comportamiento de los permisionarios y englobar la información de sus actividades en un solo dato derivado de los demás.

Cualquier corrección dentro de las modificaciones conlleva a un entendimiento visual por parte del analista y la toma de decisiones se basa en las recomendaciones estadísticas de los métodos que se implementarán para esta revisión.

Cabe mencionar que, para realizar cualquier modificación a la información, se verificó que el cambio propuesto cumpla con las condiciones de la revisión técnica. Una vez corroboradas dichas estipulaciones, se modificó el dato y se incorporó a la base de datos final.

4.4.2 Detección de datos atípicos

Antes de realizar cualquier análisis estadístico con datos es recomendable observar si existen, entre las variables a estudiar, valores atípicos que pueden alterar el resultado final. En estadística, a estos valores se les denomina datos atípicos u “outliers”.

Tomando como referencia la eficiencia eléctrica y el factor de planta incluidos en los reportes de la CRE, se realizó la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov para determinar si la distribución de estos parámetros sigue una distribución normal.

La prueba de bondad consiste en el planteamiento de dos hipótesis, la hipótesis nula y la hipótesis alternativa; para nuestro caso de análisis la hipótesis nula plantea que la distribución de los datos

sigue una distribución normal y la hipótesis alternativa plantea que los datos analizados no siguen una distribución normal:

H_0 : Los datos analizados siguen una distribución normal.

H_1 : Los datos analizados no siguen una distribución normal.

A continuación, se procede a organizar los intervalos del grupo de datos analizados; así como a obtener la frecuencia observada en cada uno de ellos. En este punto también se obtiene la frecuencia observada acumulada; además se calcula la frecuencia acumulada teórica de acuerdo a la distribución normal. En la figura 30 se observa parte de este proceso.

Intervalo	Límite Inferior	Límite Superior	Frecuencia observada	Frecuencia observada relativa	Frecuencia observada relativa acumulada	Frecuencia esperada relativa acumulada	Diferencia absoluta
93	54.38	54.96	25.00	0.00	0.99	1.00	0.009
94	54.96	55.55	32.00	0.00	0.99	1.00	0.007
95	55.55	56.14	27.00	0.00	0.99	1.00	0.006
96	56.14	56.73	19.00	0.00	0.99	1.00	0.005
97	56.73	57.31	23.00	0.00	1.00	1.00	0.004
98	57.31	57.90	14.00	0.00	1.00	1.00	0.003
99	57.90	58.49	9.00	0.00	1.00	1.00	0.003
100	58.49	59.08	13.00	0.00	1.00	1.00	0.002
101	59.08	59.66	7.00	0.00	1.00	1.00	0.002
102	59.66	60.25	10.00	0.00	1.00	1.00	0.001
103	60.25	60.84	0.00	0.00	1.00	1.00	0.001
104	60.84	61.43	3.00	0.00	1.00	1.00	0.001
105	61.43	62.01	1.00	0.00	1.00	1.00	0.001
106	62.01	62.60	4.00	0.00	1.00	1.00	0.001
107	62.60	63.19	2.00	0.00	1.00	1.00	0.001
108	63.19	63.78	2.00	0.00	1.00	1.00	0.001
109	63.78	64.36	0.00	0.00	1.00	1.00	0.001
110	64.36	64.95	1.00	0.00	1.00	1.00	0.001
111	64.95	65.54	2.00	0.00	1.00	1.00	0.001
112	65.54	66.13	1.00	0.00	1.00	1.00	0.001
113	66.13	66.71	3.00	0.00	1.00	1.00	0.000
114	66.71	67.30	2.00	0.00	1.00	1.00	0.000
115	67.30	67.89	0.00	0.00	1.00	1.00	0.000

Figura 30. Proceso de la prueba de bondad Kolmogorov-Smirnov.

Fuente: Elaboración propia

Será el valor máximo de la diferencia absoluta entre la frecuencia observada relativa acumulada y la frecuencia esperada relativa acumulada nuestro dato a comparar. Para obtener el parámetro de comparación se requiere el nivel de significación, que se puede entender como la probabilidad de que se rechace la hipótesis nula cuando debió haber sido aceptada. Para nuestro caso de estudio será de 0.05. Con esta información se consultan las tablas de la prueba de bondad de Kolmogorov-Smirnov.

De esta manera no se rechazó la hipótesis nula para los parámetros de eficiencia eléctrica y factor de planta; por lo tanto, se trabajó bajo el supuesto de que los datos presentan una distribución normal. Para tener una medida de comparación al analizar los reportes de los permisionarios, se procedió a estandarizar los datos y así trabajar con la distribución normal estándar. De esta forma, se conoce que, dentro de la distribución, los datos se encontrarán de la siguiente manera con respecto a la media:

Una desviación estándar (1σ) hacia ambos lados contiene el 68% de los datos
Dos desviaciones estándar (2σ) hacia ambos lados contiene el 95% de los datos
Tres desviaciones estándar (3σ) hacia ambos lados contiene el 99% de los datos

Debido a que la mayoría de los datos se encuentran cercanos a la media, se propone usar dos desviaciones estándar, esta consideración contempla un nivel de significancia del 95% dentro de la revisión estadística e identificaremos los datos atípicos bajo la siguiente primicia. Para aplicar dicha revisión a los indicadores de generación eléctrica de los permisionarios de autoabastecimiento se deberá aplicar el siguiente procedimiento a fin de estandarizar el dato:

$$Z = \frac{(y_i^j - \tilde{y}_i)}{\sigma_i}$$

donde:

Z: Dato analizado

y_i^j : Datos de la serie i elemento j

\tilde{y}_i : Valor medio de la serie i

σ_i : Desviación estándar de la serie i

Si el dato está fuera del rango de -2 a 2 desviaciones estándar, se considerará un dato atípico.

Si ($Z < -2$) $\Rightarrow Z$ es "outlier";

o

Si ($Z > 2$) $\Rightarrow Z$ es "outlier";

Una vez detectados los datos atípicos, será criterio del analista ajustar el dato conforme a la metodología técnica y al comportamiento histórico del permisionario, así como de otras posibles variables a considerar para determinar los datos finales del permisionario.

4.5 Cálculo de los requerimientos del Balance Nacional de Energía

Para obtener la información requerida en el Balance Nacional de Energía se parte de la Base de Datos de Permisarios de Energía Eléctrica, resultado de las tareas de Revisión técnica y Revisión estadística.

A partir de ésta se trabaja con la paquetería Excel de Office, paquetería con la que el personal de la DEBE se encuentra familiarizado. Para esto se elaboran tablas dinámicas que contemplan los siguientes rubros:

- Capacidad autorizada por modalidad
- Consumo de combustible
- Consumo de combustible por modalidad
- Energía de entrada por modalidad
- Generación bruta y neta de energía eléctrica por combustible
- Generación bruta y neta de energía eléctrica por modalidad
- Generación bruta y neta de energía eléctrica por sector
- Generación bruta y neta de energía eléctrica por tecnología utilizada
- Generación bruta y neta de energía eléctrica por región

Las tablas dinámicas reportan totales, los cuáles son empleados para la elaboración de los archivos base, conocidos dentro de la DEBE como Archivos de carga y Diagramas.

A continuación, se presentan 4 ejemplos de las tablas dinámicas elaboradas (Ver figuras 31-34):

Capacidad Autorizada de la modalidad de Autoabastecimiento (MW)													
	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
1	Capacidad Autorizada de												
2	Autoabastecimiento CRE												
3	08/09/16 13:14												
4													
5	Suma de CAPACIDAD AUTORIZADA (MW)												
6	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
7	816.2	816.2	816.2	816.2	856.1	856.1	856.1	856.1	897.369	912.369	1092.369	1092.369	1140.369
8	126.74	177.762	277.183	386.417	556.01	776.188	765.528	665.144	625.482	455.085	635.603	648.131	571.738
9							529.9	433.75	513.75	776.1	1035.45	1660.95	1898.15
10										3.800025	3.800025	3.323	18.438
11													6.008
12													32
13		510	510	510	510	550	580	580	580	580	580	580	580
14	790.483	815.833	816.123	826.595	812.794	844.995	720.715	726.875	708.73	851.605	952.605	1114.885	1325.485
15	1202.665	1190.865	1194.675	1223.815	846.115	881.305	995.055	577.355	580.055	537.015	548.315	706.745	706.745
16	38.43	39.58	58.58	88.58	96.712	109.952	119.8924	123.0344	147.0344	148.0344	154.532	186.972	195.372
17													
18													
19													
20													

Figura 31. Tabla dinámica Capacidad autorizada por modalidad (MW).

Fuente: Elaboración propia

Energía de entrada de la modalidad de Autoabastecimiento (GWh)												
	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	Energía de entrada de											
2	Autoabastecimiento C											
3	15/08/16 18:37											
4												
5												
6		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
7	AUT											
8	Suma de ACEITE RESIDUAL (GWh)	0	0	0	0	0	0	0.0046756	0	0	1.2049562	
9	Suma de ASERRÍN (GWh)	0	0	0	0	0	0	36.38603	37.784317	58.377573	40.387448	
10	Suma de BAGAZO DE CAÑA (GWh)	7529.7038	7546.8927	8902.078	7072.0986	7640.4451	8093.5256	8400.5384	8079.5977	8000.324	10368.519	9915.9636
11	Suma de BAGAZO DE MALTA (GWh)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Suma de BIÓGAS (GWh)	0	0	0	0	0	0	27.047356	95.603176	122.09709	123.18199	111.91133
13	Suma de CARBÓN (GWh)	0	0	259.88685	434.16531	144.72538	424.71225	392.86004	369.05024	414.57323	304.49933	135.86742
14	Suma de COMBUSTÓLEO (GWh)	8506.6695	7668.5091	3258.1129	1406.1285	1204.2969	788.2554	608.19162	565.78961	499.4387	534.36416	272.4403
15	Suma de COMBUSTÓLEO LIGERO	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6.7690089	0
16	Suma de COQUE DE PETRÓLEO (GWh)	8004.5662	8582.439	8886.7142	9348.3651	8859.0852	9682.4124	8823.6588	10665.119	10032.698	10833.631	10627.285
17	Suma de DIÉSEL (GWh)	889.13982	582.14028	725.6365	1108.6066	1297.6851	1010.4571	969.0057	956.51502	920.14037	1272.8585	1113.2238
18	Suma de ETANO (GWh)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Suma de GAS COQUE (GWh)	201.92253	213.55681	188.64795	227.95321	213.76626	207.9219	174.54023	193.87337	205.56992	131.36603	103.63153
20	Suma de GAS DE ALTO HORNO (GWh)	1136.5046	1281.8079	1429.3456	1253.0787	1080.0956	1508.1858	947.90002	635.00771	762.20359	991.13157	1385.336
21	Suma de GAS L.P. (GWh)	0	0	0	0	0	0	0	0	14.828517	15.574516	12.921593
22	Suma de GAS NATURAL (GWh)	25901.126	30431.644	22164.392	20780.922	20276.718	21511.071	20352.76	21237.283	23857.797	27087.748	34160.588
23	Suma de GAS RESIDUAL (GWh)	0	0	0	0	13.537285	30.05649	64.33691	66.139514	77.934737	101.90029	130.07985
24	Suma de GASÓLEO (GWh)	77.16061	85.669928	83.690537	84.796591	56.937377	131.015	29.627688	2.6803782	3.3516156	0	0
25	Suma de LICOR NEGRO (GWh)	0.5087956	0.2941769	0.2854442	0.265967	0.320212	0	0	0.0682441	0.0241837	0	0

Figura 32. Tabla dinámica Energía de entrada por modalidad (GWh).

Fuente: Elaboración propia

Generación bruta por tecnología de la modalidad de Autoabastecimiento (GWh)												
	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	Generación bruta por											
2	Autoabastecimiento C											
3	08/06/16 18:44											
4												
5		2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
6	CICLO COMBINADO	10,545.98	11,854.64	11,556.50	12,730.89	12,360.39	10,628.03	10,530.33	11,393.82	12,391.00	11,926.45	12,941.04
7	COMBUSTIÓN INTERNA	230.46	256.05	349.51	480.68	485.27	477.43	545.13	598.30	732.84	998.94	1,068.89
8	EOLOELÉCTRICA	-	-	-	-	347.11	1,072.72	1,291.04	1,944.17	2,370.65	4,349.20	6,358.15
9	FOTOVOLTAICO	-	-	-	-	-	-	-	0.00	6.40	72.04	57.88
10	FRENOS REGENERATIVOS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.60
11	GEOTÉRMICA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	39.82
12	LECHO FLUIDIZADO	3,525.95	3,600.34	3,733.64	3,879.88	3,473.96	4,369.56	4,250.84	4,275.24	4,262.59	4,346.70	4,286.26
13	TURBINA DE GAS	1,725.76	1,905.10	1,120.03	1,284.76	1,344.88	1,525.54	1,295.05	1,317.45	1,268.08	2,483.74	3,328.07
14	TURBINA DE VAPOR	5,366.16	5,474.28	3,219.39	2,514.96	2,370.59	2,050.60	2,000.46	2,181.11	2,166.29	2,984.95	3,106.48
15	TURBINA HIDRÁULICA	98.45	141.47	297.67	331.91	277.04	419.99	474.42	593.69	577.19	747.99	764.07
16	TOTAL	21,492.75	23,231.89	20,276.73	21,223.07	20,659.24	20,543.86	20,387.27	22,303.78	23,775.04	27,910.01	31,954.26
17	TOTAL TÉRMICAS	21,394.30	23,090.41	19,979.06	20,891.16	20,035.09	19,051.15	18,621.82	19,765.92	20,820.80	22,740.78	24,730.74

Figura 33. Tabla dinámica Generación bruta de energía eléctrica por tecnología (GWh).

Fuente: Elaboración propia

A	B	C	D	E	F	G	H	
1	MODALIDAD	PIE						
2	UBICACIÓN DE LA PLANTA	(Todas)						
3	Año	2015						
4								
5	Etiquetas de fila	Suma de GAS NATURAL (GWh)	Suma de DIÉSEL (GWh)	Suma de COMBUSTÓLEO (GWh)	Suma de GAS L.P. (GWh)	Suma de BAGAZO DE CAÑA (GWh)	Suma de COQUE DE PETRÓLEO (GWh)	Suma de GENERACIÓN BRUTA O IMPORTACION (GWh)
6	CICLO COMBINADO	181976.7384	553.2811758	0	0	0	0	88082.167
7	EOLOELÉCTRICA	0	0	0	0	0	0	1959.48
8	Total general	181976.7384	553.2811758	0	0	0	0	90041.647

Figura 34. Tabla dinámica Generación bruta de energía eléctrica por región (GWh).

Fuente: Elaboración propia

A partir de estos datos se obtienen las cifras que se reportarán en el Balance Nacional de Energía; por ejemplo:

Dentro del Balance Nacional de Energía, el Cuadro 6. Producción bruta de energía secundaria en los centros de transformación requiere la generación bruta de Centrales eléctricas PIE y Centrales

eléctricas autogeneración; para obtener el dato que se reporta se parte de la Tabla Generación bruta de energía eléctrica por modalidad, de la que se sustrae el valor, para este ejemplo, Generación bruta de energía eléctrica en Centrales Autogeneración. Al requerir esta información en Petajoules, se procede a realizar la conversión de unidades:

$$GB_{AUT}(PJ) = GB_{AUT}(GWh) * \frac{1000000000 (w)}{1 (GW)} * \frac{3600 (s)}{1 (h)} * \frac{1 \left(\frac{J}{s}\right)}{1 (w)} * \frac{1 (PJ)}{1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 (J)};$$

Sustituyendo el valor de la generación bruta durante el año 2014, se consideran los permisionarios Autoabastecimiento y Cogeneración para obtener el total de la Generación Bruta en Centrales eléctricas autogeneración:

$$GB_{AUT}(PJ) = 43\ 177.97(GWh) * \frac{1000000000 (w)}{1 (GW)} * \frac{3600 (s)}{1 (h)} * \frac{1 \left(\frac{J}{s}\right)}{1 (w)} * \frac{1 (PJ)}{1\ 000\ 000\ 000\ 000\ 000 (J)};$$

$$GB_{AUT2014}(PJ) = 155.44 (PJ)$$

Al comparar esta cifra contra la reportada en el Balance Nacional de Energía 2014 se observa un ajuste de -0.14%, que representa 0.21 Petajoules de energía excedente reportada durante 2014; energía que no se encontró disponible en el Sistema Eléctrico Nacional.

Al realizar la consulta del Balance de electricidad en la página web del Sistema de Información Energética (Energía, SIE, s.f.), sistema que se encuentra bajo resguardo de la DEBE, se observa que el ajuste ya fue realizado a las cifras oficiales:

Sistema de Información Energética
 Secretaría de Energía
 Dirección General de Planeación e Información Energéticas
 Balance Nacional de Energía: Electricidad
 (petajoules)

Descripción	PJ	REALES				
		2012	2013	2014	2015	2016
Producción bruta*		1,067.025	1,069.624	1,091.937	1,117.259	N/D
Centrales eléctricas públicas		644.478	621.962	621.149	619.143	N/D
Centrales eléctricas PIE		299.590	309.044	315.347	325.768	N/D
Centrales eléctricas autogeneración		122.957	138.619	155.441	172.348	N/D

Figura 35. Balance de electricidad (Petajoules).
 Fuente: Sistema de Información Energética, SENER.

5 Mejoras observadas en el cálculo de los requerimientos del Balance Nacional de Energía

En el Cuadro 35 se presentan las mejoras medidas porcentualmente de acuerdo a los ajustes que se realizaron a las cifras reportadas en el Balance Nacional de Energía 2014, los datos se compararon con los reportados en la plataforma en internet del Sistema de Información Energética en la sección “ESTADÍSTICAS ENERGÉTICAS NACIONALES”:

Sección	Información requerida		Comentarios
Resumen ejecutivo		Generación de electricidad PIE. Generación de electricidad autogeneración de electricidad.	
Oferta y demanda de energía	Cuadro 2. Producción de energía primaria	Producción de energía primaria: Renovables, excepto leña.	La variación que presenta el dato no es representativa para el total.
	Cuadro 4. Envío de energía primaria en centros de transformación	Centrales eléctricas PIE, centrales eléctricas autogeneración.	PIE: no se observó variación. Autogeneración: -2.59% de variación.
	Cuadro 5. Insumos de energía primaria en centros de transformación por fuente	Combustibles.	La variación que presenta el dato no es representativa para el total.
	Cuadro 6. Producción bruta de energía secundaria en los centros de transformación	Centrales eléctricas PIE. Centrales eléctricas autogeneración.	PIE: no se observó variación. Autogeneración: -0.14% de variación.
	Cuadro 7. Insumos de energía secundaria en centros de transformación	Centrales eléctricas PIE. Centrales eléctricas autogeneración.	PIE: 1.03% de variación. Autogeneración: 35.56% de variación
	Consumo del sector energético.	Pérdidas de energía en centrales eléctricas PIE.	No se observó variación.

Cuadro 35. Mejoras observadas en los requerimientos del Balance Nacional de Energía.

Fuente: Elaboración propia.

Balance Nacional de Energía: matriz y diagramas.	Cuadro 24. Matriz del Balance Nacional de Energía	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	PIE: no se observó variación. Autogeneración: Variación en los parciales y total: -2.59%, -1.06% y -1.82%, respectivamente.
	Cuadro 25. Matriz del Balance Nacional de Energía	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	PIE: no se observó variación. Autogeneración: Variación en los parciales y total: -2.59%, -1.06% y -1.82%, respectivamente.
	Diagrama 1 y 2. Estructura del Balance Nacional de Energía, 2014		Información no disponible a noviembre de 2016.
	Diagrama 15 y 16. Balance de electricidad autoabastecedores 2014		Información no disponible a noviembre de 2016.
Balances Regionales	Cuadros 30 y 31. Balance regional de energía: Noroeste (Petajoules)	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	Información no disponible a noviembre de 2016.
	Cuadros 32 y 33. Balance regional de energía: Centro-Occidente (Petajoules)	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	Información no disponible a noviembre de 2016.
	Cuadros 34 y 35. Balance regional de energía: Sur-Sureste (Petajoules)	Total transformación: Centrales eléctricas PIE y Centrales eléctricas autogeneración	Información no disponible a noviembre de 2016.

Cuadro 35 (Continuación). Mejoras observadas en los requerimientos del Balance Nacional de Energía.

Fuente: Elaboración propia.

Anexo Estadístico	Cuadro 36. Producción de energía primaria 2004-2014 (Petajoules)	Producción de energía primaria: Renovables, excepto leña.	La variación que presenta el dato no es representativa para el total.
	Cuadro 40. Oferta interna bruta de energía primaria 2004-2014 (Petajoules)	Renovables, excepto leña.	La variación que presenta el dato no es representativa para el total.
	Cuadro 41. Energía primaria a transformación por centro 2004-2014 (Petajoules)	PIE: Eoloeléctrica Autogeneradores: Carbón, Hidroeléctrica, Eoloeléctrica, Bagazo de caña, Biogás, Solar.	PIE Eoloeléctrica: No se observó variación. Autogeneración: Carbón: -34.76% Hidroeléctrica: 0.01% Eoloeléctrica: Sin variación Bagazo de caña: -2.58% Biogás: -100% Solar: -0.02%
	Cuadro 42. Producción bruta de energía secundaria 2004-2014 (Petajoules)	Otros autogeneración	-0.01% de variación.
	Cuadro 55. Capacidad efectiva de generación eléctrica (MW)	Eoloeléctrica y Ciclo combinado.	No se observó variación.

Cuadro 35 (Continuación). Mejoras observadas en los requerimientos del Balance Nacional de Energía.

Fuente: Elaboración propia.

Además de las mejoras aportadas al Balance Nacional de Energía cabe mencionar las mejoras que se realizaron dentro de la Base de los Permisionarios de Energía:

- Se redujo la extensión de la base de datos en un 23.2%, al analizar más de 7,500 registros de permisionarios que nunca entraron en actividades y/o permisionarios que siguieron enviando reportes vacíos después de haber concluido el permiso de actividades de generación de energía eléctrica.
- Se contribuyó a la correcta clasificación del sector industrial de acuerdo al Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN), utilizada en el Balance Nacional de Energía.
- Se estandarizaron los rubros descriptivos de los permisionarios lo que se traduce en mayor facilidad y eficiencia del manejo de los datos.
- Al llenar los campos descriptivos vacíos, el nivel de detalle que se puede obtener de la base de datos aumentó y mejoró en los ya utilizados por la DEBE, como lo es la descripción regional de los permisionarios; la que ya se reportaba en los balances regionales, pero omitía a aquellos que no reportaban la ubicación de la planta.
- Esta base de datos brinda mayor consistencia y confianza a la información; derivadas de la revisión de los flujos energéticos y el comportamiento estadístico de los números representativos de las actividades de generación de energía eléctrica. De esta manera, en la actualidad es correcto mencionar que el nivel de confianza estadístico es de 95% puesto que existe una metodología, tanto estadística como técnica, de validación de la información.

6 Conclusiones

La Dirección de Estadística y Balances Energéticos ha dado el primer paso para validar la información base para los diferentes productos elaborados por la misma, como lo es el Balance Nacional de Energía, adoptando metodologías que le permiten establecer un nivel de confianza estadístico en la información pero que se apegan a la realidad de los sistemas energéticos utilizados en el país.

Este gran primer paso plantea un futuro en el que la información estadística del sector informático cuente con puntos de control que brinden mayor calidad a la información, no sólo a nivel macro, sino incluso a mayor detalle.

Este futuro es necesario ya que, con la apertura del sector energético, serán más las fuentes de información y los sub sectores que alimentarán a la Dirección con información que nos permitirá conocer el mercado energético en México, así como a inversionistas, investigadores, académicos y organizaciones mundiales.

Sin embargo, las actividades de control dentro por parte de la Secretaría se consideran un re trabajo, debido a que dicha Dirección obtiene información tanto de instituciones gubernamentales como de privados, mismos que deben garantizar la veracidad y confianza de la información proporcionada a la Secretaría de Energía.

Debido a esto, la principal recomendación es a los proveedores de la información, para que realicen un esfuerzo conjunto con la Secretaría de Energía y los proveedores de la información para asegurar la calidad de la información con la que se trabaja desde el origen, así los controles dentro de la DEBE serán meramente validaciones finales y se evitará la manipulación de la información por parte del personal de la misma.

En el caso de los permisionarios de energía eléctrica en México se propone seguir trabajando con una encuesta en formato Excel, pero darle un valor agregado mediante el formato. Es decir, manejar un formato que permita al usuario sólo interactuar con la información base y que con ella se realice el cálculo de los estadísticos energéticos; con la finalidad de detectar los errores humanos desde el origen.

Glosario de términos.

AUT: Modalidad de autoabastecimiento

BI: Inteligencia de negocios (por su nombre en inglés, *Business Intelligence*)

CFE: Comisión Federal de Electricidad.

COG: Modalidad de cogeneración.

COPAR: Costos y Parámetros de Referencia. Documento publicado por la Comisión Federal de Electricidad.

CRE: Comisión Reguladora de Energía.

DEBE: Dirección de Estadística y Balances Energéticos.

EXP: Modalidad de Exportación.

DOF: Diario Oficial de la Federación.

IMP: Modalidad de importación.

PIE: Modalidad de productor independiente de energía.

PP: Modalidad de pequeño productor.

Petajoule: 1×10^{15} joules.

SCIANS: Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte.

SEN: Sistema Eléctrico Nacional.

UPC: Modalidad de usos propios continuos.

Anexo: ejemplos de cálculo de la Revisión Técnica

La revisión técnica de los datos de los permisionarios de generación eléctrica se realizó con ayuda de las macros de Excel; sin embargo, para programarla se requirió de un formato que sirviera como base para el cálculo de los estadísticos, así como para realizar las comparaciones, ajustes y sugerencias pertinentes en cada caso. En este anexo se encuentran ejemplos de cálculo particulares que permitirán entender mejor los parámetros de revisión utilizados. Además, se muestra en las Figuras 36, 37 y 38 ejemplos del libro de trabajo en Excel.

Capacidad en operación

Si la Generación bruta de la planta es cero, la capacidad en operación de la misma deberá ser cero.

Ejemplo:

$$(GB_{53,1998,IV} = 0) \Rightarrow CO_{53,1998,IV} = 0;$$

Durante el cuarto trimestre del año 1998 el permisionario con ID 53 no generó electricidad, sus instalaciones aún no estaban en condiciones de funcionamiento; por lo que la capacidad en operación debe ser 0 (MW).

La capacidad en operación no puede ser mayor a la capacidad autorizada. En el caso de que sea mayor se deberá realizar un ajuste a la capacidad autorizada.

Ejemplo:

$$\begin{aligned} Si (CO_{20,2005,II} > CA_{20,2005,II}) &\Rightarrow CO_{20,2005,II} = CA_{20,2005,II}; \\ (12.5[MW]_{20,2005,II} > 12.0[MW]_{20,2005,II}) &\Rightarrow CO_{20,2005,II} = 12.0[MW]; \end{aligned}$$

Durante el segundo trimestre del año 2005 el permisionario con ID 20 reportó una capacidad en operación de 12.5 [MW]; sin embargo, la capacidad autorizada es de 12.0 [MW]. Como no existe alguna resolución ante la CRE en la que se autorizó el cambio en la capacidad, se ajusta el valor a 12.0 [MW].

En el caso de que la capacidad en operación sea igual a cero se considerará correcto únicamente si el permisionario no generó durante el periodo de tiempo que se esté analizando. De lo contrario, se propondrá el valor de la capacidad autorizada.

Ejemplo:

$$(CO_{110,2003,II} = 0 \wedge GB_{110,2003,II} \neq 0) \Rightarrow CO_{110,2003,II} = CA_{110,2003,II} = 131.10 (MW);$$

Durante el segundo trimestre del año 2003 el permisionario con ID 100 reportó una generación bruta de 24.66 (GWh), con una capacidad autorizada de 131.10 (MW) y una capacidad en operación de 0 (MW); sin embargo, para que la planta pueda generar debe haber existido una capacidad en operación; por lo tanto se propuso el valor de la capacidad autorizada como la capacidad en operación de la planta.

Si la capacidad en operación es menor o igual a la capacidad autorizada, y la generación bruta es diferente de cero, se considerará técnicamente correcto el dato reportado originalmente.

$$(CO_{68,2003,I} \leq CA_{68,2003,I} \wedge GB_{68,2003,I} \neq 0) \Rightarrow CO_{68,2003,I} = CO_{68,2003,I} = 435.56 (MW);$$

El permisionario con ID 68 reportó durante el primer trimestre del año 2003 una capacidad en operación de 435 (MW), mientras que su capacidad autorizada es de 535.56 (MW). Durante este periodo reportó una generación de electricidad superior a 0 (GWh). Se corroboró que con la capacidad en operación la generación de electricidad reportada fuera posible, posteriormente se revisó el título del permiso para analizar el equipo con el que cuenta dicha planta; se encontró que dentro de su equipo cuenta con dos turbinas con capacidad de 100 (MW), por lo que el dato puede referirse a mantenimiento de alguna de ellas.

Generación bruta

Si la generación bruta es igual a cero, la generación y los datos dependientes deben de ser cero.

Ejemplo:

$$(GB_{90,2009,IV} = 0) \Rightarrow CO_{90,2009,IV}, CX_{90,2009,IV}, GN_{90,2009,IV}, EX_{90,2009,IV}, Q_{90,2009,IV} = 0;$$

El permisionario con ID 90 reportó durante el cuarto trimestre de 2009 una generación de 0 (GWh); se verificó que la capacidad en operación, el consumo de auxiliares, la generación neta, excedentes a CFE y el consumo de combustible durante este periodo fuera de cero.

Consumo de auxiliares

Si la generación bruta es igual a cero, o la modalidad del permiso es importación, el consumo de auxiliares se considerará como cero.

Ejemplo:

$$(GB_{128,2005,III} = 0.014 (GWh)) \Rightarrow CX_{128,2005,III} = 0;$$

El permisionario con ID 128 cuenta con un permiso de importación de energía, por lo que a pesar de haber reportado la importación de 0.014 (GWh), su consumo de auxiliares fue de cero, debido a que este tipo de plantas no hace uso de los mismos.

En el caso que no se presenten las condiciones anteriores y el consumo de auxiliares sea cero, o este fuera del rango del consumo de equipos auxiliares que define el COPAR, se recomendará realizar el siguiente ajuste.

Ejemplo:

$$CX_{82,2002,IV} = \frac{CX_{m\acute{a}x} + CX_{m\acute{i}n}}{2} * GB_{82,2002,IV} = 0.195 (GWh);$$

Durante el cuarto trimestre del año 2002 el permisionario con ID 82 no reportó consumo de auxiliares, aunque históricamente lo hace. Por lo tanto, se realizó una ponderación entre el

porcentaje máximo reportado del consumo de auxiliares con respecto a la generación y el mínimo reportado. El valor obtenido fue multiplicado por la generación bruta del trimestre IV 2002 y se propuso el valor del consumo de auxiliares para dicho periodo.

Generación neta

La generación neta debe coincidir con la diferencia entre la generación bruta y el consumo de auxiliares. En caso de no ser así se deberá ajustar el valor original a dicha diferencia.

Ejemplo:

$$(GN_{147,2006,II} \neq GB_{147,2006,II} - CX_{147,2006,II}) \Rightarrow GN_{147,2006,II} = GB_{147,2006,II} - CX_{147,2006,II} = 0.647 \text{ (GWh)};$$

Durante el trimestre dos del año 2006 el permisionario con número de ID 147 reportó una generación neta igual a la generación bruta, además reportó un consumo de auxiliares de 0.032 (GWh). Debido a esto se procedió a realizar el ajuste correspondiente, quedando la generación neta como el total de la generación bruta menos el consumo de auxiliares.

Energía entregada

La energía entregada puede revisarse con base en el resultado de la eficiencia calculada debido a que la eficiencia, es inversamente proporcional a la energía entregada. Si la eficiencia eléctrica calculada, es mayor a la eficiencia eléctrica máxima considerada en el COPAR, se deberá realizar un ajuste para que la energía entregada coincida con la eficiencia máxima usada como referencia.

Ejemplo:

$$(\%ee_{343,2008,III} > \%ee_{m\acute{a}x}) \Rightarrow EER_{343,2008,III} = \frac{GB_{343,2008,III}}{\%ee_{m\acute{a}x}} = 0.177 \text{ (GWh)};$$

Durante el tercer trimestre del año 2008 el permisionario con número de ID 343 reportó datos que reportaban una eficiencia de planta superior a lo especificado dentro del COPAR de la CFE, por lo tanto, se procedió a la revisión de los datos y se realizó un ajuste correspondiente en la energía de entrada. Para esto fue necesario realizar un ajuste al consumo de combustible en el periodo, el que cambió de 17 a 27 (m³) de diésel, para obtener una energía de entrada de 0.177 (GWh) y que la eficiencia de la planta se encuentre dentro de las especificaciones técnicas estipuladas anteriormente.

La eficiencia eléctrica puede ser tan baja como lo permita el permisionario, por falta de mantenimiento o alguna otra circunstancia. Sin embargo, se hará la recomendación en caso de que la eficiencia eléctrica calculada sea menor al 10% en caso de ser calculada.

Este fue el caso de la mayoría de los ingenios azucareros, los que reportan datos que dan una eficiencia menor al 10%, por lo que se realizó la observación dentro de la base de datos.

Por otro lado, si la eficiencia eléctrica calculada se encuentra dentro del intervalo que involucra la revisión será considerado como correcto.

Consumo de combustibles

Si la energía de entrada calculada es diferente a la energía de entrada recomendada y se atiende dicha recomendación, el consumo de combustibles deberá ajustarse con respecto a la nueva energía de entrada.

Ejemplo:

$$(EE_{306,2007,IV} \neq EER_{306,2007,IV}) \Rightarrow Q_{A,b,c,d} = \frac{EE_{306,Gas\ natural,2007,IV}}{EE_{306,2007,IV}} * PC_{Gas\ natural,2007} = 4,530 (m^3);$$

Durante el trimestre cuatro del año 2007 el permisionario con ID 306 reportó una generación de electricidad y consumo de combustible, gas natural, que impactan directamente en la eficiencia de la planta al ser calculada con un 9%, misma que históricamente se mantiene arriba del 21%. Por lo tanto, la energía de entrada recomendada es diferente de la reportada y se procede a realizar la revisión del dato. Se encontró que la energía de entrada recomendada es similar a la reportada, ya que al dividir por 10 el valor reportado se obtiene la recomendada, esto puede deberse a un error de captura del dato. Así que se procedió a realizar el ajuste.

En la Figura 36 podemos observar la primera parte de la revisión; en ella encontramos en la parte superior la información descriptiva del permisionario; como lo son el nombre, modalidad, número de permiso, fecha de permiso, sector productivo, tipo de planta y ubicación de la planta.

A continuación, encontramos la sección Datos originales, en ella se encuentran los datos en que fueron reportados a la Comisión Reguladora de Energía, fieles a los reportes entregados por esta institución a la DEBE.

En caso de que se detecte que alguno de los datos requiere revisión, estos aparecen en color rojo.

Posteriormente encontramos la Energía de entrada por combustible, en esta sección se ha hecho uso del poder calorífico publicado en el Sistema de Información Energética, sistema que se encuentra bajo la responsabilidad de la DEBE.

Figura 36. Libro de trabajo en Excel: datos originales y entrada de energía por combustible.
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 37 encontramos las secciones Indicadores y Generación por combustible. En la primera encontramos la energía de entrada total, la eficiencia calculada a partir de los datos reportados por los permisionarios, el factor de planta calculado y la capacidad utilizada. De igual manera, si se detectan inconsistencias en los datos calculados, se observan de color rojo, con la finalidad de que se lleve a cabo la revisión de estos datos. Cabe mencionar, que las correcciones se deberán realizar en la sección de Datos originales; puesto que las secciones Energía de entrada por combustible e Indicadores, al ser obtenidos mediante cálculos que toman como base la información reportada, dependen de los datos reportados por los permisionarios.

Figura 37. Libro de trabajo en Excel: indicadores y generación por combustible.
Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, en la Figura 38, encontramos las secciones Datos recomendados técnicamente y la detección de valores atípicos. En la primera encontraremos valores propuestos a partir de los límites y parámetros establecidos de acuerdo al tipo de planta y tecnologías utilizadas en ella; así pues, encontramos sugerencias para tratar los valores que requieren revisión.

Después encontramos la sección para la detección de valores atípicos. En ella se analizan el total de energía de entrada, la eficiencia calculada y el factor de planta calculado; esto con la finalidad de obtener información que tanto técnica como estadísticamente sea correcta. Cabe mencionar que, si después de la haber realizado la corrección técnica siguen existiendo datos atípicos en la sección estadística, se deberá realizar una investigación exhaustiva antes de realizar algún cambio en los datos reportados; esto se debe a que los permisionarios pueden presentar situaciones que les haya obligado a trabajar a una menor capacidad o que sus requerimientos de energía en el periodo se hayan visto afectados por agentes externos. En estos casos, suelen reportar a la CRE la situación que afectó a la planta, ya sea por mantenimiento, fallas, cambio de equipo, etc.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Datos Recomendados Técnicamente	CONSUMO EN OPERACIÓN (PJ)	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
	CAPACIDAD BRUTA DE GENERACIÓN (MW)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
	CONSUMO DE COMBUSTIBLE (PJ)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	CONSUMO DE GAS (PJ)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
	AGUAS RESIDUALES (PJ)													
	RESIDUOS (PJ)													
	RECAUDOS EN CUBA (PJ)													
	RECAUDOS EN RESTO (PJ)													
	RENTAS (PJ)													
	CURRITOS (PJ)													
	COMBUSTION (PJ)													
	COMBUSTION DE GAS AGUAS RESIDUALES (PJ)													
	LOGROS DE PRODUCCIÓN (PJ)													
	RENTAS (PJ)	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	ETIQUETAS													
GAS DE ALTO PRESIÓN (PJ)														
GAS DE BAJA PRESIÓN (PJ)														
GAS DE ALTA PRESIÓN (PJ)														
GAS DE BAJA PRESIÓN (PJ)														
GAS DE ALTA PRESIÓN (PJ)														
GAS DE BAJA PRESIÓN (PJ)														
RENTAS (PJ)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
Datos de entrada														
generación	Total Energía de Entrada (PJ)	OUTLIER	OUTLIER	OK	OUTLIER	OUTLIER	OUTLIER	OK	OUTLIER	OUTLIER	OUTLIER	OK		
	Eficiencia calculada (%)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
	Factor de planta calculado (%)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		
transmisión	Total Energía de Entrada (PJ)	OUTLIER	OUTLIER	OK	OUTLIER	OUTLIER	OUTLIER	OK	OUTLIER	OK	OK	OUTLIER		
	Eficiencia calculada (%)	OK	OK	OK	OUTLIER	OK	OK	OK	OUTLIER	OK	OK	OK		
	Factor de planta calculado (%)	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

Figura 38. Libro de trabajo en Excel: datos recomendados técnicamente y detección de valores atípicos u “outliers”.
Fuente: Elaboración propia.

Bibliografía

- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2016). Recuperado el 02 de 03 de 2016, de Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica:
http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/abro/lspee/LSPEE_abro.pdf
- Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. (2016). *Ley para el Aprovechamiento de Energías Renovables y el Financiamiento de la Transición Energética*. Recuperado el 03 de 03 de 2016, de <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LAERFTE.pdf>
- CFE. (2016). *Glosario*. Recuperado el 01 de 03 de 2016, de Comisión Federal de Electricidad:
<http://www.cfe.gob.mx/Paginas/Glosario.aspx>
- Comisión Reguladora de Energía. (2016). *Glosario de términos*. Recuperado el 01 de 03 de 2016, de Comisión Reguladora de Energía: <http://www.cre.gob.mx/buscar.aspx#P>
- Comisión Reguladora de Energía. (2016). *Guía para solicitar permisos de Generación, Exporación e Importación de Energía Eléctrica*. Recuperado el 19 de 02 de 2016, de <http://www.cre.gob.mx/documento/1217.pdf>
- Datos, F. d. (s.f.). Recuperado el Abril de 2017, de Academia:
http://www.academia.edu/4254522/Funciones_de_Similitud_sobre_Cadenas_de_Texto_Una_Comparación_Basada_en_la_Naturaleza_de_los_Datos_Iván_Amón
- Energía, S. d. (s.f.). *gob.mx*. Recuperado el 12 de 2016, de Secretaría de Energía:
<http://www.gob.mx/sener>
- Energía, S. d. (s.f.). *SIE*. Recuperado el 2016, de <http://sie.energia.gob.mx>
- INEGI. (2017). *Norma Técnica para la Generación de Estadística Básica*. Recuperado el 10 de 02 de 2017, de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/aspectosmetodologicos/documentostecnicos/doc/norma_tecnica_para_la_generacion_de_estadistica_basica.pdf
- Microsoft. (s.f.). *Microsoft Office*. Recuperado el 01 de 2017, de https://support.office.com/es-es/article/Introducción-a-las-macros-a39c2a26-e745-4957-8d06-89e0b435aac3#_toc280773426
- Sabherwal, R., & Becerra-Fernandez, I. (2011). *Business Intelligence. Practices, Technologies, and Management*. Estados Unidos de América: John Wiley & Sons Inc.
- Secretaría de Energía. (2015). Balance Nacional de Energía 2014. Ciudad de México, Distrito Federal, México.