

**Benchmarking de Eficiencia
Energética en Centros Médicos,
Escuelas de Nivel Medio Superior
de la Administración
Pública Federal (APF) y
Hoteles**

Mayo de 2015

**PROGRAMA DE ENERGÍA
SUSTENTABLE EN MÉXICO
SENER - GIZ**

**COMPONENTE ENERGÍA
SUSTENTABLE EN LA EDIFICACIÓN**



**Ampliación
Benchmarking de Eficiencia
Energética a Centros Médicos, Escuelas y Hoteles**

Ing. Héctor Juárez
jmhect@hotmail.com
Consultor

**México
Programa Energía Sustentable
Componente Edificación,
SENER, CONUEE, CONAVI, INFONAVIT, GIZ**

Mayo de 2015

GOPA Consultants
Hindenburgring 18
61348 Bad Homburg
Teléfono: +49-6172-930 215
Fax: +49-6172-930 200
E-mail: gopa-en@gopa.de

INTEGRATION
Bahnhofstraße 9
91322 Gräfenberg
Teléfono: +49-9192-9959-0
Fax: +49-9192-9959-10
E-mail: int-ee@integration.org

Índice

Abreviaturas	iii
Lista de Tablas	iv
Lista de Gráficas	iv
Prólogo	v
Resumen Ejecutivo	vii
1 Estatus, análisis e integración de las Bases de Datos (BD)	1
1.1 Base de Datos de Centros Médicos de la APF.....	2
1.1.1 Generación de los GDR y GDC y su integración a la BD de los Centros Médicos	4
1.1.2 Inconsistencias de información en la BD de Centros Médicos	4
1.2 Base de Datos de Escuelas.....	5
1.2.1 Generación de los GDR y GDC y su integración a la BD de Escuelas	8
1.2.2 Inconsistencias de información en la BD de Escuelas	8
1.2.3 Formato de encuestas energéticas para el proyecto “Escuelas Bajas en Emisiones” de SEMARNAT-GIZ	8
1.3 Base de Datos de Hoteles	10
1.3.1 Generación de los GDR y GDC y su integración a la BD de Hoteles.....	13
1.3.2 Inconsistencias de información en la BD de Hoteles	13
2 Desarrollo del modelo de regresión para obtener los algoritmos de desempeño energético de Centros Médicos, Escuelas y Hoteles	14
2.1 Análisis de la calidad de la información de la BD de Centros Médicos	14
2.2 Algoritmo para calificar el desempeño energético de Centros Médicos	15
2.3 Análisis de la calidad de la información de la BD de Escuelas	17
2.4 Algoritmo para calificar el desempeño energético de Escuelas de Nivel Medio Superior	19
2.5 Análisis de la calidad de la información de la BD de Hoteles	21

2.6	Algoritmo para calificar el desempeño eléctrico y energético total de Hoteles	22
2.7	Herramienta de Excel (Benchmarking de Hoteles)	24
3	Conclusiones y recomendaciones	29
	Referencias	33
	Anexos.....	34

Abreviaturas

AA	Aire Acondicionado
APF	Administration Pública Federal
BD	Base de Datos
CEC/CCA	Commission for Environmental Cooperation (Comisión para la Cooperación Ambiental)
CM	Centros Médicos
CONALEP	Colegio Nacional de Educación Profesional Técnica
CONAVI	Comisión Nacional de Vivienda
Conuee	Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía
CT	Consumo total
EE.UU.	Estados Unidos de América
GDC	Grados Día de Calefacción (HDD)
GDR	Grados Día de Refrigeración (CDD)
ICEE	Índice de Consumo de Energía Eléctrica (kWh/ m ² año)
INECC	Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
NRCan	Natural Resources Canada
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design
No.	Número
PEE	Programa de Eficiencia Energética
TR	Toneladas de Refrigeración
USEPA	United States Environmental Protection Agency
Vs.	Versus, contra
ZT	Zona Térmica

Lista de Tablas

Tabla 1-1: Relación de Centros Médicos de la APF por entidad federativa	2
Tabla 1-2: Resumen del análisis y desarrollo de información para Centros Médicos	3
Tabla 1-3: Relación de Centros Médicos de la APF para revisión con apoyo de Conuee	5
Tabla 1-4: Resumen de inmuebles de Escuelas registradas en la BD de la APF	5
Tabla 1-5: Resumen del análisis y desarrollo de información para Escuelas APF	6
Tabla 1-6: Relación de Hoteles del estudio de NAMA PyME por entidad federativa	11
Tabla 1-7: Variables de la BD de Hoteles NAMA PyME Vs. Variables analizadas por <i>Energy Star</i> ®	12
Tabla 2-1 Resumen del análisis estadístico de 102 Centros Médicos	16
Tabla 2-2: Resumen del análisis estadístico de 49 Escuelas de Nivel Medio Superior	20
Tabla 2-3: Resumen de hoteles con información consistente e inconsistente	21
Tabla 2-4. Resumen del análisis estadístico del consumo eléctrico de 277 Hoteles	23
Tabla 2-5 Resumen del análisis estadístico del consumo energético total de 277 Hoteles	24

Lista de Gráficas

Gráfica 1. Inmuebles analizados de la APF para determinar los algoritmos de desempeño energético	1
Gráfica 2. Distribución de las Escuelas de Nivel Medio Superior registradas en la BD de Conuee	18
Figura 1 Pantalla de la herramienta de Benchmarking (desempeño eléctrico)	27
Figura 2 Pantalla de la herramienta de Benchmarking (desempeño energético total)	28

Prólogo

La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) mbH contrató en Septiembre 2009 al consorcio GOPA-INTEGRATION con el objetivo de asesorar el Componente “Energía Sustentable en la Edificación de México”. La contraparte principal o socio principal de ejecución de este componente es la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (Conuee).

Este componente forma parte del Programa “Energía Sustentable” ejecutado por la GIZ entre 2009 y 2013. El objetivo general de este programa es: “Las condiciones básicas para un aumento de la eficiencia energética (EE) y el aprovechamiento de las Energías Renovables (ER) han mejorado.” El objetivo del Componente Edificación está definido así: "Las condiciones marco para el aumento de la EE (Eficiencia Energética) y del aprovechamiento de las ER (Energía Renovable) en la edificación han mejorado".

Basado en las discusiones y colaboraciones con la Conuee se propuso, en el taller de planificación de este componente en 2012, ampliar el Benchmarking de Oficinas realizado en 2011 y 2012, a inmuebles utilizados como Centros Médicos (CM)¹ y Escuelas² de la Administración Pública Federal (APF), empleando procedimientos de análisis similares a los de *Energy Star*®, para determinar los algoritmos de desempeño energético en inmuebles similares. Lo anterior complementa el apoyo en el desarrollo de instrumentos necesarios que faciliten los procedimientos para otorgar reconocimientos a inmuebles con buen desempeño energético por parte de la Conuee.

Después de varias reuniones del grupo de trabajo³ y una revisión previa de la información existente en la Base de Datos (BD) de la Conuee de los inmuebles de Hospitales, Centros Médicos y Escuelas, se decidió enfocar esfuerzos en desarrollar los modelos de desempeño energético para calificar inmuebles de Centros Médicos y Escuelas de la APF. Como resultado de una revisión detallada de la consistencia y calidad de información de la BD de la APF, se identificaron 102 Centros Médicos y 167 Escuelas que presentaron información suficiente para realizar los análisis estadísticos correspondientes.

Asimismo, después de la revisión previa de la BD de 423 hoteles del estudio “Diseño de un benchmarking energético⁴” desarrollado por la Componente NAMA PyME, el grupo de trabajo

¹ En lo sucesivo se referirá a "Centros Médicos (CM)" a los siguientes inmuebles destinados a los servicios de salud que integran la BD de la Conuee: Centros de Salud, Clínicas, Unidades de Medicina Familiar del IMSS y Centros Médicos; con excepción de Hospitales o Centros Médicos especializados.

² En lo sucesivo se referirá a "Escuelas" a los siguientes inmuebles que integran la BD de la Conuee: Educación Elemental, Educación Media Superior, Educación Superior, Centros de Capacitación e Institutos Científicos y Tecnológicos.

³ Conuee, INECC, Consultores GOPA-INTEGRATION.

⁴ Diseño de un benchmarking energético, Sector hotelero PyME y acompañamiento en su implementación en destinos turísticos mexicanos, Informe Benchmarking en Hoteles de México_hrp V6.pdf.

decidió realizar un análisis detallado de la información existente y desarrollar los algoritmos de evaluación de desempeño eléctrico y energético total para hoteles, siguiendo los procedimientos de *Energy Star*®.

El presente estudio concluye con recomendaciones para el perfeccionamiento de los algoritmos de benchmarking, así como el fortalecimiento de las BD de Conuee y Hoteles, con la finalidad de revisar y ampliar la muestra, el sistema benchmark y los modelos ya elaborados.

Es importante mencionar que para la elaboración de este informe, se ha recibido importantes contribuciones del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). En especial, ha colaborado ampliamente en el desarrollo del benchmarking, en el análisis econométrico de la información, basado en los algoritmos desarrollados por *Energy Star*®.

Las secciones 2.2 y 2.4 se basan en el análisis realizado por la Dirección de Economía Sectorial de la Coordinación General de Crecimiento Verde del INECC (INECC, 2015).

Resumen Ejecutivo

Los objetivos principales del presente estudio consistieron en: (i) analizar e integrar la información relevante para desarrollar los modelos o algoritmos de desempeño energético para inmuebles de CM y Escuelas de la APF, (ii) elaborar el formato de encuestas energéticas para recopilar información del proyecto de "Escuelas Bajas en Emisiones (NAMA Escuelas)", (iii) analizar la calidad de información para desarrollar en conjunto con Conuee e INECC los modelos de regresión múltiple para la clasificación energética de inmuebles (Benchmarking) de Centros Médicos y Escuelas, y (iiii) analizar y desarrollar los modelos de regresión para calificar el desempeño energético de hoteles.

El primer paso del estudio consistió en revisar la información de los Centros Médicos y Escuelas de la APF, registrados en el Programa de Eficiencia Energética (PEE) dirigido por la Conuee, con la finalidad de expandir el sistema de Benchmarking de oficinas y bancos realizado en 2011 y 2012 a estos tipos de inmuebles. Al respecto, con fecha de corte del 2 de agosto del 2013 y después de la revisión preliminar realizada en septiembre del 2013, se detectaron 102 Centros Médicos y 167 Escuelas de la APF que presentaron información suficiente para realizar el análisis estadístico comparativo de evaluación de acuerdo a métodos internacionales reconocidos⁵ para comparar inmuebles del mismo tipo.

Otro objetivo particular de este proyecto fue diseñar una encuesta energética que será implementada por el Centro Mario Molina para recopilación información de Escuelas públicas y privadas para el proyecto denominado "Escuelas Bajas en Emisiones" que lleva a cabo GIZ-SEMARNAT. Al respecto, se diseñó un formato en Excel® para facilitar la recopilación, manejo y análisis de la información energética de al menos 40 Escuelas. Cabe mencionar que no fue posible obtener encuestas energéticas a la fecha de corte del 11 de abril del 2014, debido a que el proyecto de Escuelas Bajas en Emisión se encuentra en desarrollo; no obstante, en cuanto se obtengan dichas encuestas energéticas, se sugiere analizarlas de acuerdo con los procedimientos de *Energy Star*®, en donde se realizan análisis estadísticos integrando consumos eléctricos y térmicos.

El trabajo conjunto con Conuee e INECC permitió obtener los modelos estadísticos para evaluar el desempeño energético en Centros Médicos (con 102 inmuebles) y Escuelas de Nivel Medio Superior de la APF (con 49 inmuebles), siguiendo los procedimientos del modelo *Energy Star*® en inmuebles del mismo tipo. Estos modelos facilitarán el proceso de entrega de reconocimientos por parte de Conuee, a aquellos inmuebles que obtengan calificaciones entre 75 y 100 puntos, o bien, notificar a usuarios con puntuaciones menores a 75 puntos que tienen potenciales de ahorro en sus inmuebles.

De igual manera, la información verificada como consistente de 277 hoteles permitió desarrollar los modelos estadísticos para calificar el desempeño eléctrico y energético total siguiendo los

⁵ Estudios previos han concluido la conveniencia de adaptar los procedimientos de análisis de *Energy Star*®, en los cuales se realizan regresiones múltiples y analizan las variables que influyen en el consumo de energía.

procedimientos del modelo *Energy Star*® en hoteles, e incluso fue posible desarrollar una herramienta en Excel que integra los algoritmos desarrollados conjuntamente con Conuee e INECC.

Adicionalmente se realizaron diversas recomendaciones para seguir perfeccionando los algoritmos desarrollados hasta ahora, se integraron ajustes a la herramienta desarrollada anteriormente para inmuebles de oficinas y se hicieron algunas propuestas para incrementar la calidad de la información de los inmuebles a analizar.

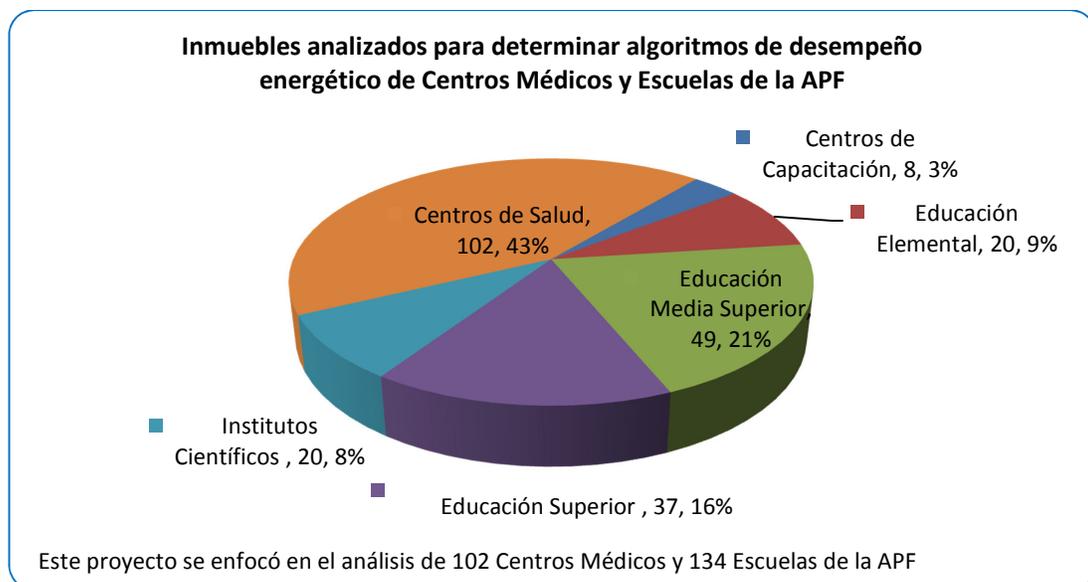
Finalmente, el 24 y 25 de marzo de 2014 se realizó un taller en Ottawa, Canadá, con el apoyo de la CCA, en el que participaron el INECC, CONUEE, GIZ, CCA Canadá, NRCan y USEPA, con el objetivo de discutir, evaluar y recibir retroalimentación del sistema benchmark mexicano y propuestas para su perfección, tomando en consideración las experiencias de EE.UU. y Canadá en el desarrollo y la implementación del *Portfolio Manager*® de *Energy Star*® para varios tipos de edificios. Las conclusiones de este taller son mencionados en el capítulo "Conclusiones y recomendaciones", respectivamente en el Anexo 9 de este informe.

1 Estatus, análisis e integración de las Bases de Datos (BD)

El desarrollo de esta tarea consistió en estructurar las Bases de Datos de tal manera que se pudiera identificar la información existente de los inmuebles de Centros Médicos y Escuelas registrados en el PEE de la Conuee, así como identificar las variables que tiene la BD de Conuee en función del procedimiento que realiza *Energy Star*®.

Una de las primeras actividades de este proyecto fue eliminar inconsistencias con respecto a los nombres de los estados y municipios, para relacionar las BD con la base que contiene las coordenadas geográficas del lugar y determinar los GDR y GDC (CDD y HDD por sus siglas en inglés) para cada inmueble registrado en la BD de la APF.

En la gráfica 1 se muestra la distribución de los tipos de inmuebles que fueron analizados en esta etapa para determinar la factibilidad de construir los algoritmos de desempeño energético para los inmuebles de Centros Médicos y Escuelas de la APF.



Gráfica 1: Inmuebles de la APF analizados para determinar los algoritmos de desempeño energético

Cabe mencionar que las bases de datos se encuentran disponibles y listas para su análisis en versión electrónica mediante archivos de Excel®; y por cuestiones de espacio no es viable mostrar toda la información en este informe, no obstante, la base de datos correspondientes a los Centros Médicos podrá ser consultada en el Anexo 1 y la base de datos de Escuelas en el Anexo 2.

En los siguientes apartados, se mostrará el resumen de los inmuebles de Centros Médicos y Escuelas de la APF, así como la estructura de la información disponible para cada tipo de inmueble, la cual fue analizada aplicando los procedimientos de *Energy Star*® para inmuebles del mismo tipo.

1.1 Base de Datos de Centros Médicos de la APF

De acuerdo con las conclusiones de la revisión a las BD de los Centros Médicos de la APF realizada en Agosto del 2013, el desarrollo del benchmarking se inició con el análisis de información de 79 Centros Médicos, toda vez que se identificaron 10 variables que son relevantes para determinar el algoritmo desempeño energético empleando procedimientos de *Energy Star*®.

En el Anexo 1 podrá consultarse la BD completa de Centros Médicos, no obstante, la siguiente tabla muestra la relación de los 79 Centros Médicos por entidad federativa, los cuales en conjunto corresponden a un total de 16,119 personas, una superficie construida de 338,558 m² y un consumo eléctrico total de 27.8 GWh en el año 2012 (véase tabla 1-1).

Tabla 1-1: Relación de Centros Médicos de la APF por entidad federativa

Entidad Federativa	No de inmuebles	Número de personas	Área Construida (m2)	Consumo total CT kWh/año (2012)
BAJA CALIFORNIA	5	1,330	28,882	2,604,616
CAMPECHE	1	56	1,182	131,923
CHIHUAHUA	7	1,309	25,710	3,216,842
COAHUILA	2	460	12,930	1,027,588
DISTRITO FEDERAL	21	5,586	111,948	5,022,707
DURANGO	2	439	9,908	1,247,064
GUANAJUATO	2	656	14,880	801,953
JALISCO	3	711	12,157	1,521,493
MICHOACÁN	7	842	20,166	974,756
MORELOS	4	250	13,022	387,662
NAYARIT	1	98	5,093	407,037
NUEVO LEÓN	10	1,780	41,733	5,908,842
QUINTANA ROO	2	356	5,147	923,198
SAN LUIS POTOSÍ	3	546	9,739	518,140
SINALOA	2	333	3,333	342,800
TAMAULIPAS	2	136	7,516	783,020
TLAXCALA	1	200	1,293	79,343
VERACRUZ	1	245	1,050	156,776
YUCATÁN	2	616	11,269	1,563,400
ZACATECAS	1	170	1,600	219,072
Total general	79	16,119	338,558	27,838,232

A continuación se muestra el resumen de las actividades previas al análisis estadístico y se indican las variables que contiene la BD de Centros Médicos de la APF, así como, las variables explicativas que considera *Energy Star*® para el desarrollo del algoritmo de desempeño energético para este tipo de inmuebles.

Tabla 1-2: Resumen del análisis y desarrollo de información para Centros Médicos

Fuente de información	VARIABLES A ANALIZAR	No. Variables a analizar	Variable clave en análisis Energy Star	Disponible/No Disponible en BD actual	No. Inmuebles/Observaciones	
Primera Sección BD APF	Edificios	10		SI	79 en BD APF	
	Aire Acondicionado		SI			
	hr/día		SI			
	Área construida		SI			
	Uso genérico					
	Uso específico					
	VARIABLES CLAVE					
	Clasificación 1		SI			Se realizó la clasificación
	Capacidad AA (TR)		SI			
	Technical Methodology for Medical Office Building		Entidad Federativa			
Variables analizadas por Energy Star para oficinas médicas	MUNICIPIO	SI				
	Region APF					
	ZT					
	GDR	SI	Se generaron los GDR y GDC con la herramienta de CONAVI			
	GDC					
	CT kWh/año	SI				
	Personas	SI	SI			
Computadoras	SI					
Segunda Sección	LN ft2	5	SI	SI	SI (Obtenible para 79 inm)	
Variables explicativas	LN No. Trabajadores			Parcialmente con No. Personas APF	Parcialmente con No. Personas APF	
	LN hr/sem operación			Sólo (hr/día APF)	Sólo (hr/día APF)	
Technical Methodology for Medical Office Building	HDD x % del edificio con calefacción			SI (Obtenible)/Faltaría % del inm con AA	SI (Obtenible para 79 inm)/Faltaría % del inm con AA	
	CDD x % del edificio con AA					

La tabla anterior muestra la comparación de la información existente en la BD de la Conuee y las variables explicativas del modelo desarrollado por *Energy Star*® para inmuebles del mismo tipo⁶. La primera sección de la tabla (“BD APF”), muestra que la BD de la APF contiene diez variables que corresponden a variables clave⁷ en el análisis de *Energy Star*® (textos en negritas, con excepción de la Clasificación 1⁸, que se indicó en color rojo debido a que fue necesario revisar y corregir la clasificación señalada en la BD), que se pueden analizar para determinar el modelo estadístico para calificar el desempeño energético de Centros Médicos.

La Segunda Sección "Variables explicativas" indica que son cinco las variables que explican el modelo desarrollado por *Energy Star*® para este tipo de inmuebles, de las cuales se tiene en los 79 Centros Médicos información de la superficie construida; asimismo, se logró obtener para los 79 inmuebles, los datos de los trabajadores y horas de operación a la semana (datos en color azul) en función de la información disponible en la BD de la APF (No. Personas y horas de operación al día). Respecto a los grados día de refrigeración y calefacción fueron obtenidos a partir de la entidad federativa y municipio donde se ubican los Centros Médicos, no obstante, no hay información disponible de los porcentajes de áreas con calefacción o aire acondicionado (véase textos en color rojo).

⁶ Inmuebles empleados para proporcionar diagnósticos y tratamientos médicos, dentales, psiquiátrico, etc.; mayor referencia en el documento anexo “medical_tech_desc.pdf”.

⁷ Variables a analizar con procedimientos de *Energy Star*® contenidas en la BD de la Conuee, o bien que podrían obtenerse; se indicaron en negritas las relacionadas con las variables explicativas del modelo de *Energy Star*®.

⁸ Nombre asignado para realizar una clasificación específica que permite diferenciar la tipología de los inmuebles, en lugar de la clasificación general que indicaba que era un inmueble de la Administración Pública Federal, o Centro Médico sin identificar el tipo de inmueble destinado a los servicios de salud.

De lo anterior, se concluyó que las únicas variables que no se tenían (y que eran difíciles de obtener) son: el porcentaje del edificio con calefacción y aire acondicionado, es decir que solamente se cuenta con tres de las cinco variables identificadas como explicativas en el modelo *Energy Star*®. No obstante, se procedió a realizar el análisis estadístico con la información con que cuenta la BD de la Conuee.

En el Anexo 1 se encuentra la BD completa de los Centros Médicos y la estructura para su análisis estadístico para determinar el algoritmo de desempeño energético siguiendo los procedimientos de *Energy Star*®.

1.1.1 Generación de los GDR y GDC y su integración a la BD de los Centros Médicos

Debido a que las variables GDR y GDC (CDD y HDD), son relevantes en el análisis de información, se procedió a obtener las coordenadas geográficas de cada uno de los inmuebles y con ello emplear la herramienta de CONAVI para obtener los GDR y GDC en función de la información climática existente de diversas estaciones climáticas de México.

Cabe mencionar que la herramienta antes mencionada estima los GDR y GDC en función de la extrapolación de datos climáticos de las estaciones climáticas más cercanas a las coordenadas geográficas que se indiquen para cada ubicación de los inmuebles.

En el Anexo 1 encontrará la BD de los Centros Médicos de la APF con sus respectivos valores de GDR y GDC.

1.1.2 Inconsistencias de información en la BD de Centros Médicos

Derivado del análisis de información de los Centros Médicos de la APF se encontraron varias inconsistencias en los datos, mismos que deberán ser consultadas y/o solventadas por los propios responsables de los inmuebles de la APF con apoyo de la Conuee. En el Anexo 1.1 se muestran los detalles de los inmuebles que presentan posibles inconsistencias, entre las cuales destacan las siguientes:

- Se indica de manera incorrecta sí cuentan con AA
- Hay errores de captura en los consumos de energía
- Hay posibles errores en la clasificación designada para el tipo de inmueble
- Existe inconsistencia al indicar los nombres de los estados y municipios

A continuación se presenta una relación de 18 inmuebles con inconsistencias en la información:

Tabla 1-3: Relación de Centros Médicos de la APF para revisión con apoyo de Conuee

Nombre de la Instalación	Área Construida (m ²)	Consumo total CT kWh/año (2012)
CENTRO COMUNITARIO DE SALUD MENTAL CUAUHEMOC	1,234	155,387
U.M.A.A. No 68 chih, chihuahua	3,756	447,140
U.M.F. No. 15 JUAN JOSE RIOS	2,060	156,960
UMF 1 ORIZABA, VERACRUZ	1,050	156,776
UMF NO. 19	1,293	79,343
UMF No.24 CD. MANTE TAMPS.	6,328	660,380
UMF/UMAA 53	8,852	1,105,097
Unidad de Medicina Familiar con Hospital No. 23	1,273	185,840
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR CON HOSPITALIZACION No. 02	1,182	131,923
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR No 33	5,250	165,826
Unidad de Medicina Familiar No 35	5,490	1,028,920
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR N° 77	1,400	122,660
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR No. 27	5,093	407,037
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR No. 33	7,999	268,400
Unidad de Medicina Familiar No. 50	1,056	141,967
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR No. 58	1,277	156,610
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR No. 66	5,764	926,660
UNIDAD DE MEDICINA FAMILIAR No.58	5,646	736,560
Total general	66,003	7,033,486

Durante el análisis estadístico sólo se integró la información que fue solventada por los propios responsables de los inmuebles, de otro modo fueron descartados dichos inmuebles, de tal manera que el algoritmo resultante de desempeño energético no fuera afectado por inconsistencias graves en la información; lo anterior será descrito en la sección 2.1 en donde se indicará el total de inmuebles que presentan mayor consistencia en la información. En el Anexo 4 se muestra la BD final de Centros Médicos con la cual se generó el modelo estadístico para calificar el desempeño energético de este tipo de inmuebles.

1.2 Base de Datos de Escuelas

De acuerdo con las conclusiones de la revisión a las BD de Escuelas de la APF realizada en Agosto del 2013, el desarrollo del benchmarking de acuerdo a los procedimientos de *Energy Star*® se enfocó en el análisis de información de 167 Escuelas, de los cuales 13 están clasificadas como centros de capacitación, 22 inmuebles de educación elemental, 61 de educación media superior, 51 de educación superior, 18 inmuebles que será necesario asignar clasificación y 2 identificadas como oficinas, estas últimas se turnaron a Conuee para revisión.

En el Anexo 2 podrá consultar la BD completa de Escuelas, no obstante, la siguiente tabla muestra la relación de 167 Escuelas, que en conjunto corresponden a un total de 235,028 personas, una superficie construida de 2.1 millones de m² y un consumo eléctrico total de 101.4 GWh en el año 2012 (véase tabla 1-4).

Tabla 1-4: Resumen de inmuebles de Escuelas registradas en la BD de la APF

Clasificación de Escuelas de la BD de la APF	No. Inmuebles	Número de personas	Área Construida (m ²)	Consumo Total CT kWh/año (2012)
Centro de capacitación	13	1,095	39,687	1,347,980
Educación elemental/Guardería/Jardín de Niños	22	9,857	65,116	2,026,284
Educación Media/Técnica	61	109,660	625,380	18,965,671
Educación Superior/Centro de Investigación	51	72,206	973,354	43,571,457
Oficinas (para revision por parte de Conuee)	2	2,716	97,713	10,133,338
En blanco (para asignar clasificación)	18	39,494	330,534	25,389,387
Total general	167	235,028	2,131,783	101,434,117

Asimismo, en la tabla 1-4-1 de los anexos, se muestra la relación de Escuelas por entidad federativa registradas en el Programa de Eficiencia Energética de la Conuee.

En la tabla 1-5 se muestra el resumen de las actividades previas al análisis estadístico y se indican las variables que contiene la BD de Escuelas de la APF, así como, las variables explicativas que considera *Energy Star*⁹ para el desarrollo del algoritmo de desempeño energético para K-12 schools

Tabla 1-5: Resumen del análisis y desarrollo de información para Escuelas APF

Fuente de información	Variables a analizar	No. Variables a analizar BD existente	Variable clave en análisis Energy Star	Disponible/No Disponible BD existente	No. Inmuebles en BD/Observaciones		
Primera Sección BD APF Variables clave Información requerida para analizar bajo procedimiento Energy Star "Escuelas K12" No incluye universidades, instalaciones de aulas y laboratorios, profesionales, técnicas o escuelas de oficinas.	Edificios	11			167		
	Aire Acondicionado		SI	SI			
	hr/día		SI				
	Area construida		SI				
	Uso genérico						
	Uso específico						
	Clasificación 1		SI			Se realizó la clasificación	
	Capacidad AA (TR)		SI			SI (Se corrigieron nombres en entidades y municipios para obtener los GDR y GDC)	
	Entidad Federativa						
	MUNICIPIO		SI				
	Region APF					Se generaron los GDR y GDC con la herramienta de CONAVI	Se integró información a la BD
	ZT						
	GDR		SI				
	GDC		SI				
	CT kWh/año		SI				
Personas	SI	SI	167				
Computadoras	SI						
Segunda Sección Variables a analizar con procedimiento Energy Star para Escuelas K12 No incluye universidades, instalaciones de aulas y laboratorios, profesionales, técnicas o escuelas de oficinas.	Área construida ft2	28	SI	SI	167 en BD APF		
	hr/sem operación			NO	0		
	No. Estudiantes			SI	167 en BD APF		
	No. PC						
	No. Servidores						
	No. Impresoras						
	No. Fotocopiadoras						
	No. Unidades de refrigeración (walk-in)						
	No. Refrigeradores comerciales abiertos						
	No. Refrigeradores residenciales						
	No. Refrigeradores comerciales cerrados						
	No. Maquinas expendedoras refrigeradas						
	Uso de Energía para cocinar (sí/no)						
	Área de preparación de comida (sí/no)						
	Cafetería y restaurante (sí/no)				NO	0	
	Elevadores (sí/no)						
	No. Elevadores (sí/no)						
	No. Pisos (sí/no)						
	No. Meses al año de uso						
	Abierto fines de semana (sí/no)						
	Piscina interior (sí/no)						
	Piscina climatizada (sí/no)						
	Año de construcción						
Renovaciones desde 1980 (sí/no)							
Porcentaje de calefacción							
Porcentaje de enfriamiento							
HDD							
CDD		SI (Obtenible)	Factible de obtener para 167 inm				
Tercera Sección Escuelas K12. Variables explicativas para estimar el promedio esperado EUI (kBtu/ft2)	LN Área construida ft2	7	SI	SI	Factible de obtener para 167 inm		
	Abierto fines de semana (sí/no)			NO	0		
	No. cuartos frigoríficos por cada 1.000 pies2						
	Uso de Energía para cocinar (sí/no)						
	No. PC por 1,000 ft2			SI	Parcialmente con No. PC APF		
LN HDD x % del edificio con calefacción		SI (Obtenible)	SI (Obtenible para 167 inm)				
LN HDD x % del edificio con AA							

La tabla anterior muestra la comparación de la información existente en la BD de la Conuee y las variables explicativas del modelo desarrollado por *Energy Star*⁹ para inmuebles del mismo tipo. La primera sección de la tabla ("BD APF"), muestra que la BD de la APF contiene once variables que

⁹ Escuelas equivalentes en México: Escuela Primaria, Secundaria y Media Superior.

corresponden a variables clave¹⁰ en el análisis de *Energy Star*® (textos en negritas, con excepción de la Clasificación 1¹¹, que se indicó en color rojo debido a que fue necesario revisar y corregir la clasificación señalada en la BD), que se pueden analizar para determinar el modelo estadístico para calificar el desempeño energético de Escuelas.

La segunda sección “Variables a analizar con procedimientos *Energy Star*® para Escuelas K-12 schools”, muestra 28 de las variables que son analizadas con los mencionados procedimientos, sin embargo, no se tienen 22 de las 28 variables en la BD de la Conuee.

La tercera sección “Variables explicativas clave para Escuelas K-12 schools” de *Energy Star*®, indica que hay siete variables clave que explican el modelo desarrollado, de las cuales cuatro coinciden con los datos disponibles en la BD de la APF (superficie, número de PC por superficie, grados día de calefacción y de refrigeración). Entre los datos de los que no se dispone en la BD de APF se encuentran sí los inmuebles están abiertos o no los fines de semana, el número de cuartos frigoríficos por superficie y el uso de energía para cocinar (véase textos en color rojo).

Del análisis de regresión preliminar realizado en Agosto del 2013 se concluyó que las características de las Escuelas analizadas por *Energy Star*® son muy diferentes a las Escuelas primarias, Secundarias y Escuelas de Nivel Medio Superior en México, ya que ninguna de las variables utilizadas en los modelos fue significativa, incluso por ello se descartaron del análisis estadístico las siguientes variables: número de cuartos frigoríficos por superficie y el uso de energía para cocinar, dado que en México las escuelas de la APF carecen regularmente de estos servicios.

De lo anterior, se concluye que las únicas variables que no se tienen (y que será difícil obtener) son el porcentaje del edificio con calefacción y aire acondicionado, es decir que se cuenta solamente con dos de las siete variables identificadas como explicativas en el modelo *Energy Star*®. No obstante, se procedió a realizar el análisis estadístico con la información con que cuenta la BD de la Conuee, tomando en consideración las observaciones anteriores.

Cabe mencionar que el análisis realizado por Energy Star considera Escuelas con superficie mínima de 5,000 ft² (aproximadamente 500 m²), mientras que las Escuelas incluidas en la BD APF son de superficie mínima de 1,000 m²).

¹⁰ Variables a analizar con procedimientos de *Energy Star*® contenidas en la BD de la Conuee, o bien que podrían obtenerse; se indicaron en negritas las relacionadas con las variables explicativas del modelo de *Energy Star*®.

¹¹ Nombre asignado para realizar una clasificación específica que permite diferenciar la tipología de los inmuebles, en lugar de la clasificación general que indicaba que era un inmueble de la Administración Pública Federal, o Escuela sin identificar el nivel de estudios.

En el Anexo 2 se encontrará la BD completa de las Escuelas APF con las variables a analizar y la estructura para su análisis estadístico para determinar el algoritmo de desempeño energético siguiendo los procedimientos de *Energy Star*®.

1.2.1 Generación de los GDR y GDC y su integración a la BD de Escuelas

Debido a que las variables GDR y GDC son relevantes en el análisis de información para determinar los algoritmos de desempeño energético, se realizó el mismo procedimiento indicado en la sección 1.1.1 y que consiste en emplear la herramienta de CONAVI para obtener los GDR y GDC en función de la información climática existente de diversas estaciones climáticas de México.

Los GDR Y GDC para los 167 inmuebles podrán ser consultados en el Anexo 2, donde se muestra la BD completa para las Escuelas de la APF.

1.2.2 Inconsistencias de información en la BD de Escuelas

Derivado del análisis de información de las Escuelas de la BD de la APF, se encontró varias inconsistencias en los datos que deberán ser consultadas y/o solventadas por los propios responsables de los inmuebles con el apoyo de la Conuee. En el Anexo 2.1 se muestran los detalles de los 57 inmuebles que presentan posibles inconsistencias, entre las cuales destacan las siguientes:

- Se indica de manera incorrecta sí cuentan con AA
- Hay errores de captura en los consumos de energía
- Hay posibles errores en la clasificación designada para el tipo de inmueble
- Existe inconsistencia al indicar los nombres de los estados y municipios

Durante el análisis estadístico se integra la información que fue solventada por los propios responsables de los inmuebles o bien se descartaron dichos inmuebles, de tal manera que el algoritmo resultante de desempeño energético no fuera afectado por inconsistencias graves en la información; lo anterior será descrito en la sección 2.3 en donde se indicará el total de inmuebles que presentan mayor consistencia en la información. En el anexo 6 se muestra la BD final de las Escuelas con la cual se generó el modelo estadístico para calificar el desempeño energético de este tipo de inmuebles.

1.2.3 Formato de encuestas energéticas para el proyecto “Escuelas Bajas en Emisiones” de SEMARNAT-GIZ

Con la finalidad de incrementar la muestra de Escuelas que actualmente se tiene de la BD de Escuelas registrada en el Programa de Eficiencia Energética operado por la Conuee, se elaboró un formato de

encuestas energéticas para que el Centro Mario Molina recopilara información energética en 40 Escuelas para el proyecto de GIZ “Escuelas Bajas en Emisiones (NAMA Escuelas)”.

Para facilitar la captura de información de dichas encuestas energéticas, se diseñó un formato en Excel® que considera en su llenado, la selección de listas desplegables con la finalidad de evitar errores o inconsistencias por parte de la persona que captura la información de la escuela (véase Anexo 3).

Asimismo, con el objeto de facilitar el manejo de información y análisis de datos en el momento que llegaran las encuestas de las 40 Escuelas, se desarrolló un layout o estructura de base de datos (véase Anexo 3.1), el cual queda oculto dentro de las hojas de Excel® para evitar modificaciones por las personas que capturan la información.

Entre los datos relevantes de esta encuesta energética se encuentran los siguientes:

1. Datos generales (prioritarios)
 - Ubicación de la Escuela
 - Nivel de la Escuela
 - Tipo de Escuela
 - Turnos y horario laboral
 - Uso de electricidad y gas
 - Superficie construida
 - No. de computadoras
 - Equipos de aire acondicionado y calefacción y porcentajes de área acondicionada
 - Unidades de refrigeración
 - Datos de tarifa eléctrica contratada
2. Consumos de energía facturado (prioritarios)
 - Electricidad
 - Gas LP
 - Gas natural
3. Datos generales
 - No. de edificios
 - No. de empleados
 - No. de equipos y capacidad por tecnologías
 - Talleres especializados
 - Elevadores
 - Piscina, etc.

Cabe mencionar que la encuesta energética se enfocó en considerar las variables energéticas que son analizadas por *Energy Star*® y que considera energía eléctrica y térmica.

Debido a que el proyecto de Escuelas Bajas en Emisión de SEMARNAT-GIZ está aún en desarrollo, no ha sido posible obtener información de las encuestas a la fecha 11 de abril del 2014, no obstante, se espera que una vez que se obtengan podrá analizarse la información y determinar un algoritmo en donde consideren variables relacionados a los consumos eléctricos y térmicos como se establece en el procedimiento de *Energy Star*®.

Por las razones anteriores, se procedió a determinar el algoritmo de Escuelas con la información registrada en el Programa de Eficiencia Energética de inmuebles de la APF de la Conuee.

1.3 Base de Datos de Hoteles

La BD de Hoteles analizada en el presente estudio corresponde con la base de datos del estudio¹² proporcionado por la Componente NAMA PyME de GIZ, el cual tenía como propósitos principales caracterizar el sector hotelero PyME, especialmente los hoteles de categoría de 2 y 3 estrellas y que estuvieran ubicados en los principales destinos turísticos en México y en diversas zonas climáticas.

Es importante mencionar que el estudio antes mencionado también tenía como finalidad construir una BD al aplicar una encuesta energética¹³, de tal manera que los responsables de los hoteles proporcionaran información de las principales variables que analiza *Energy Star*® para determinar el algoritmo de evaluación energética en Hoteles.

En el Anexo 7 podrá consultar la BD completa (layout), no obstante, la siguiente tabla muestra la relación de los 423 Hoteles por entidad federativa, los cuales en conjunto corresponden a un total de 24,008 habitaciones, una superficie construida de 1,210,265 m² y un consumo eléctrico total de 141.7 GWh en el año 2012 (tabla 1-6).

¹² Diseño de un benchmarking energético: "Sector hotelero PyME y acompañamiento en su implementación en destinos turísticos mexicanos" (Agosto 2013).

¹³ En el anexo 7.3 encontrará el formato de la encuesta para recopilar la información de 423 hoteles.

Tabla 1-6: Relación de Hoteles del estudio de NAMA PyME por entidad federativa

ENTIDAD	Zona climática	No. Hoteles	No. de habitaciones	Promedio ocupación anual (%)	Area total construida (m2)	Consumo Energía Eléctrica (kWh/año)	Consumo combustibles (GJ/año)
CAMPECHE	Cálido húmedo	33	1,284	54.3%	52,845	20,363,690	22,836
CHIHUAHUA	Cálido Seco	21	1,440	47.9%	70,350	10,594,713	12,971
	Templado seco	13	661	38.3%	55,300	1,705,993	3,482
DISTRITO FEDERAL	Templado	114	7,239	50.1%	326,872	33,672,003	69,921
ESTADO DE MEXICO	Semifrio-seco	1	143	37.4%	0	414,462	907
	Templado	1	124	57.4%	0	735,306	906
GUANAJUATO	Templado	28	962	73.6%	43,250	3,599,802	11,563
	Templado seco	67	3,230	62.9%	149,908	11,534,270	32,910
JALISCO	Cálido Seco	18	1,334	59.5%	22,020	1,836,990	6,742
	Templado	7	334	57.3%	5,180	565,593	2,696
NUEVO LEON	Cálido Seco	5	541	52.0%	892	1,669,006	2,735
	Templado seco	1	108	49.6%	4,258	264,000	11,921
PUEBLA	Templado	7	123	65.1%	10,500	444,564	10,414
QUERETARO	Templado seco	17	683	61.1%	12,495	6,386,152	4,786
QUINTANA ROO	Cálido semi-húmedo	18	2,092	58.4%	251,090	29,041,154	42,666
SAN LUIS POTOSI	Templado seco	15	737	60.2%	5,429	3,663,893	32,732
SONORA	Cálido Seco	33	1,888	57.4%	99,920	13,310,183	29,571
VERACRUZ	Cálido semi-húmedo	24	1,085	40.6%	99,955	1,960,317	2,939
Total general		423	24,008	55.5%	1,210,265	141,762,091	302,647

A continuación se muestran las variables que contiene la BD de Hoteles y las variables explicativas que considera *Energy Star*® para el desarrollo del algoritmo de desempeño energético para este tipo de inmuebles.

Tabla 1-7: Variables de la BD de Hoteles NAMA PyME Vs. Variables analizadas por *Energy Star*®

Fuente de información	Variables a analizar	No. Variables a analizar	Variable clave en análisis Energy Star	Disponible/No Disponible en BD actual
BD HOTELES NAMA PyME 423 encuestas en hoteles ubicados en diferentes regiones climáticas de México	Clasificación del hotel:	87/27 relevantes		SI (423 Hoteles) 277 hoteles empleados para determinar el algoritmo de evaluación energética
	Año de operación:			
	Año de construcción:			
	Año de remodelación:			
	Horas de operación (h/día):			
	Colonia/Localidad:			
	Delegación/Municipio:			
	Ciudad:			
	Estado:			
	No. de habitaciones:		SI	
	Empleados turno principal:		SI	
	Promedio de ocupación anual (%):			
	Servicio de cocina:		SI	
	Servicio de lavandería en el sitio:		SI	
	Servicio de Spas:			
	Servicio de gimnasio:			
	Servicio de Alberca		SI	
	Servicio centro de negocios:		SI	
	Area total construida (m2)		SI	
	Superficie del terreno (m2)			
	Tarifa:			
	Región:			
	Inicio Elect			
	Final Elect			
	Consumo anual de energía (kWh/año)			
	12 meses de consumo de energía (kWh)			
	Consumo de energía térmica GJ			
	12 meses de consumo de combustibles (GJ)			
	Consumo de agua			
	12 meses de consumo de agua			
	% de ocupación mensual (12 meses)			
	Desglose de consumos de combustibles			
	No. equipos, demanda, tiempos de operación, consumo estimado		SI	
Illum int				
Illum ext				
Cap. Instalada [T.R.] AA				
Equipos CE Fza				
Motores				
Compresores				
Equipos en Cocina				
Equipos en Piscina				
Calderas				
Calentadores de agua				
Energía renovable				
Desglose de los sistemas de iluminación				
Desglose de los sistemas de AA				
Desglose de los equipos térmicos				
No. Habitaciones por cada 1000 ft2	6	SI	SI (Obtenible y adaptable con la información disponible en la BD) Por analizar desglose de cargas SI HDD/ No SI CDD/ No	
LN No. Trabajadores por cada 1000 ft2				
Área de preparación de alimentos (SI/No)				
No. Refrigeradores (walk-in, abierto y cerrado) por 1000 ft2				
HDD x % del edificio con calefacción				
CDD x % del edificio con AA				

La tabla anterior muestra la comparación de la información existente en la BD de Hoteles y las variables explicativas del modelo desarrollado por *Energy Star*® para inmuebles del mismo tipo. La primera sección de la tabla (“Hoteles NAMA PyME”), muestra que la BD contiene 27 variables relevantes de las cuales ocho corresponden a variables clave¹⁴ en el análisis de *Energy Star*® (textos en negritas).

La segunda sección "Variables explicativas" indica que son seis las variables que explican el modelo desarrollado por *Energy Star*® para este tipo de inmuebles, de las cuales se tiene en los 277 hoteles (información consistente, véase 2.5 y 2.6): la superficie construida, el número de habitaciones, el porcentaje de ocupación, el número de empleados y la capacidad de los equipos de refrigeración. Los mismos fueron analizados para determinar el algoritmo de evaluación energética en hoteles. La información con respecto a los grados día de refrigeración y calefacción fue obtenida a partir de la entidad federativa y municipio donde se ubican los hoteles; no obstante, no hay información disponible de los porcentajes de áreas con calefacción o aire acondicionado (véase textos en color rojo).

En el Anexo 7.4 y 7.5 se encuentran las BD completas de los hoteles y estructuras empleadas en los análisis estadísticos para determinar los algoritmos de desempeño eléctrico y energético respectivamente, siguiendo los procedimientos de *Energy Star*®.

1.3.1 Generación de los GDR y GDC y su integración a la BD de Hoteles

Debido a que las variables GDR y GDC (CDD y HDD), son relevantes en el análisis de información, se procedió a obtener las coordenadas geográficas de cada uno de los inmuebles y con ello emplear la herramienta de CONAVI para obtener los GDR y GDC en función de la información climática existente de diversas estaciones climáticas de México.

Cabe mencionar que la herramienta antes mencionada estima los GDR y GDC en función de la extrapolación de datos climáticos de las estaciones climáticas más cercanas a las coordenadas geográficas que se indiquen para cada ubicación de los inmuebles.

En el Anexo 7 encontrará la BD de los 423 Hoteles con sus respectivos valores de GDR y GDC.

1.3.2 Inconsistencias de información en la BD de Hoteles

Derivado del análisis de información de los 423 Hoteles, se encontraron varias inconsistencias en los datos, entre las cuales se destacan las siguientes:

- Información no disponible u omisión de datos relevantes para el análisis

¹⁴ Mayor referencia en el documento anexo “hotel_tech_desc.pdf”.

- Errores de captura en los consumos de energía eléctrica y consumo de combustibles

En el anexo 7.2 se indicará la relación de hoteles que presentaron inconsistencias u omisiones de datos relevantes para determinar el algoritmo de desempeño energético en Hoteles. Debido a que el estudio ya concluyó en agosto de 2013, no fue posible solventar estas inconsistencias.

2 Desarrollo del modelo de regresión para obtener los algoritmos de desempeño energético de Centros Médicos, Escuelas y Hoteles

Tomando como base la experiencia en el desarrollo del modelo de desempeño energético para los inmuebles de oficinas de la APF elaborado en conjunto con Conuee e INECC en el 2012, se procedió con el análisis de la información disponible para los Centros Médicos y Escuelas registradas en la BD de la APF de la Conuee, tomando como base los procedimientos que realiza *Energy Star®* para inmuebles del mismo tipo.

En las siguientes secciones se describirán los procedimientos de análisis de información y los procedimientos para determinar, en conjunto con Conuee e INECC, los algoritmos de desempeño energético de Centros Médicos y Escuelas.

2.1 Análisis de la calidad de la información de la BD de Centros Médicos

Una vez que Conuee revisó la información específica indicada en las secciones 1.1 y 1.1.2 e incorporó una mayor cantidad de inmuebles de Centros Médicos para realizar los análisis estadísticos, se realizó una exhaustiva revisión en conjunto con Conuee e INECC de la calidad de información de 102 Centros Médicos que podrá consultar en el Anexo 4.

Cabe mencionar que en la primera revisión de los 79 Centros Médicos se identificaron 18 inmuebles con inconsistencias en la información, las cuales se debieron principalmente a que los usuarios habían cometido errores al registrar los datos de sus consumos de energía, superficie construida o clasificación del inmueble, errores al indicar si tenían o no aire acondicionado, así como su capacidad instalada; razón por la cual Conuee solicitó mediante oficio y llamadas telefónicas a los propios responsables de los inmuebles para que corroboraran y corrigieran la información de sus inmuebles.

De igual manera, Conuee aprovechó la oportunidad para solicitar a un mayor número responsables de Centros Médicos que integraran su información con el objeto de incrementar la muestra de este tipo de inmuebles. Al respecto, se logró obtener los datos consistentes de los 102 inmuebles antes mencionados, para analizar y determinar el algoritmo que permitirá comparar el desempeño energético de los Centros Médicos en México.

Entre los procedimientos que se emplearon para detectar inconsistencias de información antes y durante el proceso para determinar el algoritmo fueron los siguientes: determinar indicadores y diferencia de porcentajes entre los consumos de energía, así, como diferencias excesivas entre los indicadores energéticos y corroboración de información con los propios usuarios mediante el apoyo de Conuee.

2.2 Algoritmo para calificar el desempeño energético de Centros Médicos¹⁵

Durante el proceso de análisis estadístico y calidad de información de los CM se identificó que existe una gran similitud al modelo desarrollado para calificar el desempeño energético de los inmuebles de oficinas de la APF, no obstante, se procedió a realizar el algoritmo de desempeño energético con información consistente de 102 Centros Médicos.

El método de evaluación de desempeño energético desarrollado en conjunto con Conuee e INECC, sustenta su operación en el modelo de análisis estadístico de *Energy Star*¹⁶, el cual permitió desarrollar un modelo para evaluar el desempeño energético conociendo las siguientes variables explicativas que influyen en consumo de energía en los Centros Médicos:

- Superficie construida en metros cuadrados
- Número de personas (Per)
- Grados día de Refrigeración (GDR)
- Grados día de Calefacción (GDC)
- Tiempo de operación del inmueble (hr/Semana)

Los criterios de evaluación del modelo desarrollado en conjunto con Conuee e INECC son los siguientes:

- Se evalúa el desempeño eléctrico de todo el inmueble
- La evaluación debe reflejar la facturación eléctrica real del consumo del inmueble
- La evaluación normaliza las características operativas del inmueble
- La evaluación se basa en grupo de datos de inmuebles del mismo tipo

La escala de calificaciones en este método es de 0 a 100 puntos. 50 puntos indican el consumo de energía que corresponde al valor promedio y 75 puntos o más indican que el inmueble presenta un buen uso de la energía y es candidato a recibir un reconocimiento de desempeño energético por parte de la Conuee.

¹⁵ Esta sección se basa en el análisis econométrico y la nota metodológica preparada por Jesús Bernal, Jorge Gutiérrez e Iván Islas de la Dirección de Economía Ambiental del INECC (véase Anexo 8).

¹⁶ *Energy Star*® Performance Ratings, Technical Methodology for Medical Office Building, medical_tech_desc.pdf

Después de un extenso trabajo de INECC para la estimación de ecuaciones y de pruebas de significancia con diferentes conjuntos de variables, la ecuación final seleccionada para Centros Médicos fue la siguiente:

$$\ln(\text{kWh/año}) = C0 + C1*\ln(\text{m}^2) + C2*\ln(\text{Per}) + C3*\text{GDC} + C4*\text{GDR} + C5* \text{hr/semana}$$

Donde:

\ln = Logaritmo natural

$\ln(\text{kWh/año})$ = Valor pronosticado

$C0$ = Constante

$C1$ y $C2$, C_i = Coeficientes de correlación entre las variables independientes (Variable 1, Variable 2, Variable i) y la variable dependiente

La Tabla 2-1 muestra el resultado estadístico de los 102 inmuebles de Centros Médicos. Las variables que resultaron significativas para pronosticar el consumo de energía por m^2 son las siguientes:

Tabla 2-1 Resumen del análisis estadístico de 102 Centros Médicos

Estadísticas de la regresión	
Coefficiente de correlación múltiple	0.823998676
Coefficiente de determinación R ²	0.678973818
R ² ajustado	0.662253705
Error típico	0.528713481
Observaciones	102

ANÁLISIS DE VARIANZA				
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	5	56.7577	11.3515	40.608
Residuos	96	26.8356	0.2795	3.04054E-22
Total	101	83.5933		

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	4.3997	0.8419	5.2256	0.0000	2.7285	6.0710	2.7285	6.0710
LN(Area construida (APF C Salud))	0.3340	0.1136	2.9388	0.0041	0.1084	0.5596	0.1084	0.5596
LN(Personas (APF C Salud))	0.6968	0.1016	6.8582	0.0000	0.4951	0.8985	0.4951	0.8985
CDD65/ GDR (APF C Salud)	0.0006	0.0001	7.6071	0.0000	0.0004	0.0008	0.0004	0.0008
HDD65 / GDC (APF C Salud)	0.0006	0.0001	5.1062	0.0000	0.0003	0.0008	0.0003	0.0008
hr/Semana (APF C Salud)	-0.0140	0.0048	-2.8931	0.0047	-0.0236	-0.0044	-0.0236	-0.0044

Nota: Los análisis estadísticos de este estudio fueron realizados por el INECC en conjunto con Conuee y consultor

En el Anexo 4 encontrará la base de datos completa que se empleó para determinar el algoritmo de Centros Médicos y las pruebas de las posiciones y calificaciones de desempeño energético con los diferentes algoritmos, no obstante, el modelo seleccionado se identifica como “Resumen 5”.

Cabe mencionar que la ecuación indicada en los párrafos anteriores fue obtenida mediante el método de mínimos cuadrados, con el cual se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.6789 e indica que este modelo explica el 67.87% de la varianza en el consumo anual de energía eléctrica en los Centros Médicos.

En el Anexo 8 encontrará la metodología utilizada en el análisis estadístico realizado para los Centros Médicos, así como las interpretaciones y mayores detalles sobre el modelo estadístico obtenido.

Debido a que el resultado del modelo estadístico muestra que el comportamiento de los Centros Médicos es muy similar a los edificios de oficinas, se procedió a realizar una comparación para ver cómo se ordenaban estos inmuebles en su incorporación a la base de datos de Oficinas y se observó que los Centros Médicos que tenían buena calificación también se ordenaban y obtenían una buena calificación con la ecuación de Oficinas; por otro lado, también los Centros Médicos con bajas calificaciones obtenían calificaciones bajas al calificarlos con el algoritmo de Oficinas.

Lo anterior puede ser indicativo de que el comportamiento energético de los Centros Médicos en México tienen comportamientos similares a los inmuebles de oficinas, debido a que en los Centros Médicos no cuentan con equipos especializados. Por estas mismas razones, también se analizó la posibilidad de integrar un solo modelo que permita calificar el desempeño energético de Oficinas, Bancos, Centros Médicos. En conclusión, este modelo aún está en proceso de análisis y decisión conjunta con Conuee e INECC, con el fin de analizar la posibilidad de incorporarlos a la base de datos de edificios y oficinas

2.3 Análisis de la calidad de la información de la BD de Escuelas

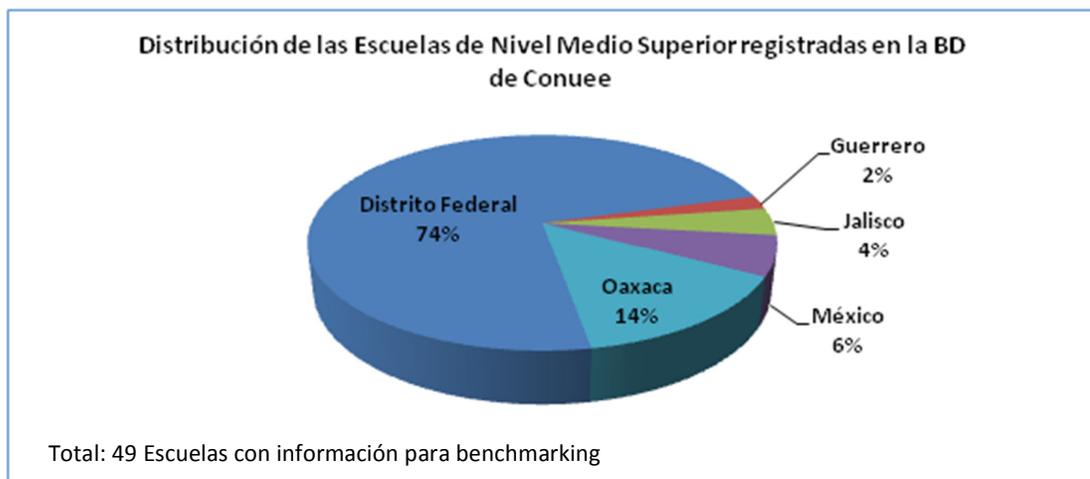
En la primera revisión exhaustiva de los 167 inmuebles de Escuelas se identificaron 57 con inconsistencias en la información, las cuales se debieron principalmente a que los usuarios habían cometido errores al registrar los datos de sus consumos de energía, superficie construida o clasificación del inmueble, errores al indicar si tenían o no aire acondicionado, así como su capacidad instalada; razón por la cual Conuee solicitó mediante oficio y llamadas telefónicas a los propios responsables de los inmuebles para que corroboraran y corrigieran la información de sus inmuebles.

De igual manera, Conuee aprovechó la oportunidad para solicitar a un mayor número responsables de los inmuebles de Escuelas que integraran su información con el objeto de incrementar la muestra de este tipo de inmuebles, no obstante, no se logró obtener respuesta por parte de los responsables de los inmuebles, por lo que se decidió en conjunto con Conuee e INECC, continuar con el desarrollo del modelo con las 134 Escuelas que presentaron consistencia en las variables que analiza *Energy Star*®, mismas que podrá consultar en Anexo 5.

Entre los procedimientos que se emplearon para detectar inconsistencias de información antes y durante el proceso para determinar el algoritmo fueron los siguientes: determinar indicadores y diferencia de porcentajes entre los consumos de energía, así, como diferencias excesivas entre los indicadores energéticos y corroboración de información con los propios usuarios mediante el apoyo de Conuee.

Derivado del análisis de la calidad de información y los análisis estadísticos independientes que se realizaron para cada tipo de Escuelas registradas en el Programa de Eficiencia Energética de la Conuee, así como las diferencias significativas en los consumos de energía y las variables encontradas en 85 de los 134 registros de Escuelas de nivel Elemental, Institutos Científicos, Escuelas de Nivel Medio Superior y Escuelas de Nivel Superior, se decidió conjuntamente con Conuee e INECC, enfocar únicamente los esfuerzos en el desarrollo del algoritmo de desempeño energético de las Escuelas de Nivel Medio Superior¹⁷.

En la gráfica 2 se muestra la distribución de las 49 Escuelas de Nivel Medio Superior que presentaron la mayor cantidad de variables a analizar con los procedimientos de *Energy Star*®, no obstante, cabe mencionar que el 80% de las Escuelas analizadas se ubican en el Distrito Federal y Estado de México, 14% en Oaxaca, 4% en Jalisco y 2% en Guerrero.



Gráfica 2: Distribución de las Escuelas de Nivel Medio Superior registradas en la BD de Conuee

En la siguiente sección se describirán los procedimientos de análisis para determinar el algoritmo de desempeño energético de Escuelas de Nivel Medio Superior.

¹⁷ Centro de Estudios Científicos y Tecnológicos (CECyT), Preparatorias, CONALEP, Colegio de Bachilleres, e inmuebles en donde se imparta Educación de Nivel Medio Superior.

2.4 Algoritmo para calificar el desempeño energético de Escuelas de Nivel Medio Superior¹⁸

Durante el proceso de análisis estadístico y calidad de información de las Escuelas se identificó que existe una gran variación del consumo de energía entre los diferentes tipos de escuelas registradas en la BD de la Conuee, así mismo, se identificó que los inmuebles que tenían mayor relación y consistencia de información para determinar un algoritmo de desempeño energético fueron las 49 Escuelas de nivel Medio Superior, razón por la cual se procedió a realizar un análisis estadístico para este tipo de inmuebles de manera independiente.

El método de evaluación de desempeño energético desarrollado en conjunto con Conuee e INECC, sustenta su operación en el modelo de análisis estadístico de *Energy Star*¹⁹, el cual permitió desarrollar un modelo similar para evaluar el desempeño energético conociendo las siguientes variables explicativas que influyen en consumo de energía en Escuelas de Nivel Medio Superior:

- Tiempo de operación del inmueble (hr/día)
- Grados día de Calefacción (GDC ó HDD)
- Número de personas por cada 100 m²
- Logaritmo natural de la superficie construida en m²

El modelo desarrollado en conjunto con Conuee e INECC considera las siguientes evaluaciones:

- Desempeño eléctrico de todo el inmueble
- Facturación eléctrica real del consumo total del inmueble
- Se normalizan las características operativas del inmueble
- Se basa en grupo de datos de inmuebles del mismo tipo

La escala de calificaciones en este método es de 0 a 100 puntos. 50 puntos indican el consumo de energía que corresponde al valor promedio y 75 puntos o más indican que el inmueble presenta un buen uso de la energía y es candidato a recibir un reconocimiento de desempeño energético por parte de la Conuee.

Después de un extenso trabajo de INECC para la estimación de ecuaciones y de pruebas de significancia con diferentes conjuntos de variables, la ecuación final seleccionada para Escuelas de Nivel Medio Superior fue la siguiente:

$$\text{kWh/m}^2\text{-año} = C0 + C1*\ln(\text{m}^2) + C2*\text{Per} + C3*\text{HDD} + C4*\text{hr/día}$$

Donde:

¹⁸ Esta sección se basa en el análisis econométrico y la nota metodológica preparada por Jesús Bernal, Jorge Gutiérrez e Iván Islas de la Dirección de Economía Ambiental del INECC (véase Anexo 9).

¹⁹ *Energy Star*® Performance Ratings, Technical Methodology for K-12 School, k12school_tech_desc.pdf

ICEE_{pronosticado} = kWh/ m²-año pronosticado

Co = Constante

C1 y C2, Ci = Coeficientes de correlación entre las variables independientes (Variable 1, Variable 2, Variable i) y la variable dependiente

La Tabla 2-2 muestra el resultado estadístico de las 49 Escuelas de Nivel Medio Superior de la APF, donde las variables significativas para pronosticar el consumo de energía por m² son las siguientes:

Tabla 2-2: Resumen del análisis estadístico de 49 Escuelas de Nivel Medio Superior

Resumen 2								
Estadísticas de la regresión								
Coeficiente de correlación múltiple	0.744551344							
Coeficiente de determinación R ²	0.554356703							
R ² ajustado	0.513843677							
Error típico	10.33580363							
Observaciones	49							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad			Media de los cuadrados		F	Valor crítico de F	
Regresión	4	5847.1347	1461.7837	13.6834	2.50126E-07			
Residuos	44	4700.4688	106.8288					
Total	48	10547.6035						
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-23.6285	25.0038	-0.9450	0.3498	-74.0204	26.7634	-74.0204	26.7634
hr/día APF	-3.6949	1.3692	-2.6985	0.0098	-6.4545	-0.9354	-6.4545	-0.9354
HDD	0.0097	0.0024	4.1171	0.0002	0.0050	0.0145	0.0050	0.0145
personas por cada 100 m2	0.4058	0.1138	3.5668	0.0009	0.1765	0.6350	0.1765	0.6350
LN (Area Construida (m2))	8.2462	2.2340	3.6912	0.0006	3.7438	12.7485	3.7438	12.7485

Nota: Los análisis estadísticos de este estudio fueron realizados por el INECC en conjunto con Conuee y consultor

En el Anexo 6 encontrará la base de datos completa que se empleó para determinar el algoritmo de Escuelas de Nivel Medio Superior y las pruebas de las posiciones y calificaciones de desempeño energético con los diferentes algoritmos, no obstante, el modelo seleccionado se identifica como “Resumen 2”.

Cabe mencionar que la ecuación indicada en los párrafos anteriores fue obtenida mediante el método de mínimos cuadrados, con el cual se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.5138 e indica que este modelo explica el 51.38% de la varianza en el consumo anual de energía eléctrica en estas Escuelas.

En el Anexo 9 encontrará la metodología utilizada para el análisis estadístico realizado en los inmuebles de Escuelas de Nivel Medio Superior, así como las interpretaciones y mayores detalles sobre el modelo estadístico obtenido.

Si bien el modelo econométrico muestra resultados estadísticamente significativos, se debe evaluar si es o no apropiado utilizarse para evaluar el desempeño energético, puesto que el número de

escuelas es relativamente bajo, y no son representativas de todas las escuelas del país, ya que la mayoría de ellas se encuentran en la región del centro de México. Pues de otra manera se estaría incurriendo en un sesgo importante si no se toman en cuenta las características de las escuelas de la base de datos depurada.

2.5 Análisis de la calidad de la información de la BD de Hoteles

Una vez que Conuee integró las equivalencias de los consumos de energía eléctrica y combustibles en la BD de Hoteles, se realizó un análisis detallado de la información energética de los 423 Hoteles (véase Anexo 7). De estos 423 hoteles se descartaron en primera instancia 89 hoteles que no tenían información completa de las variables relevantes que analiza *Energy Star*®, quedando así una BD de 334 Hoteles (véase Anexo 7.1).

Sobre la base de estos 334 hoteles se realizaron, de parte del INECC, los análisis estadísticos empleando los procedimientos de *Energy Star*® y se determinaron distintos algoritmos para evaluar el desempeño energético eléctrico y el desempeño energético total; lo anterior fue posible debido a que la BD cuenta con información de consumos de energía eléctrica y consumo de combustibles.

A continuación se indica el resumen de la relación de hoteles considerados para la determinación del algoritmo de desempeño energético, así como la relación de hoteles que fueron descartados por presentar inconsistencias de información, o bien, fueron descartados para no alterar las predicciones de los modelos estadísticos, tal es caso de los 16 hoteles de 4 y 5 estrellas encuestadas por el consultor B que se indica en la tabla 2-3.

Tabla 2-3: Resumen de hoteles con información consistente e inconsistente

Consultor GIZ	No. Hoteles encuestados	Hoteles con información consistente (algoritmo)	Hoteles con inconsistencias de información	Inconsistencias (%)
A	305	228	77	25%
B	18	2	16	89%
C	100	47	53	53%
Total	423	277	146	35%

En resumen, el algoritmo resultante para evaluar el desempeño eléctrico y energético total, se realizó a partir de una BD de 277 hoteles (Anexo 7.4 y 7.5), debido a que 146 hoteles presentaron inconsistencias de información que no permitieron considerar estos hoteles para la determinación de los algoritmos (Anexo 7.2).

2.6 Algoritmo para calificar el desempeño eléctrico y energético total de Hoteles²⁰

A partir del análisis estadístico y de la información consistente de los 277 hoteles, se determinaron los algoritmos de desempeño eléctrico y del desempeño energético total de Hoteles.

El método de evaluación de desempeño energético desarrollado en conjunto con Conuee e INECC, sustenta su operación en el modelo de análisis estadístico de *Energy Star*²¹, el cual permitió desarrollar un modelo para evaluar el desempeño eléctrico y energético total conociendo las siguientes variables explicativas que influyen en consumo de energía en los Hoteles:

- Cuartos por cada 100 m²
- Empleados por cada 100 m²
- Promedio de ocupación anual (%)
- Grados día de Refrigeración (GDR)
- Grados día de Calefacción (GDC)

Los criterios de evaluación del modelo desarrollado son los siguientes:

- Se evalúa el desempeño eléctrico de todo el inmueble (véase tabla 2-4)
- Se evalúa el desempeño energético total del inmueble (véase tabla 2-5)
- La evaluación debe reflejar la facturación eléctrica real del consumo del inmueble
- La evaluación debe reflejar la facturación energética real del consumo del inmueble
- La evaluación normaliza las características operativas del inmueble
- La evaluación se basa en grupo de datos de inmuebles del mismo tipo

La escala de calificaciones en este método es de 0 a 100 puntos. 50 puntos indican el consumo eléctrico o energético total corresponde al valor promedio y 75 puntos o más indican que el inmueble presenta un buen uso de la energía y es candidato a recibir un reconocimiento de desempeño energético por parte de la Conuee.

Después de un extenso trabajo de INECC para la estimación de ecuaciones y de pruebas de significancia con diferentes conjuntos de variables, la ecuación final seleccionada para evaluar el desempeño eléctrico y desempeño energético total en Hoteles fue la siguiente:

$$\text{Unidades de energía/m}^2\text{-año}^{\&} = C0 + C1 * C_CUAR + C2 * C_HDD + C3 * C_CDD + C4 * C_In(EMP) + C5 * C_POA$$

Donde:

& Opción 1.- kWh/ m²-año = Valor pronosticado para Energía Eléctrica

& Opción 2.- GJ/m²-año = Valor pronosticado para Energía Total

²⁰ Esta sección se basa en el análisis econométrico realizado por INECC (2015). Véase Anexo 10.

²¹ *Energy Star*® Performance Ratings, Technical Methodology for Hotel, hotel_tech_desc.pdf

Co = Constante

C1 y C2, Ci = Coeficientes de correlación entre las variables independientes (Variable 1, Variable 2, Variable i)

CUAR = Número de cuartos por cada 100 m²

HDD = Número de días con una temperatura menor a los 18°C en una localidad durante un año

CDD = Número de días con una temperatura mayor a los 18°C en una localidad durante un año

EMP = Número de empleados por cada 100m²

POA = Promedio de ocupación anual en porcentaje

Ln = Logaritmo natural

El prefijo “C_” significa centrado, es decir, al valor real se le sustrae el promedio de la variable. Esta transformación de la variable le ha permitido a *Energy Star*® mejorar su algoritmo (*Energy Star*®, 2009)

La Tabla 2-4 muestra el resultado del análisis estadístico del consumo eléctrico de los 277 Hoteles. Las variables que resultaron significativas para pronosticar el consumo de energía eléctrica por m² son las siguientes:

Tabla 2-4. Resumen del análisis estadístico del consumo eléctrico de 277 Hoteles

Estadísticas de la regresión								
Coeficiente de correlación múltiple	0.47105683							
Coeficiente de determinación R ²	0.22189454							
R ² ajustado	0.20753835							
Error típico	162.717552							
Observaciones	277							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad de cuadrado de los cua			F	Valor crítico de F			
Regresión	5	2046191.36	409238.271	15.45636753	2.24806E-13			
Residuos	271	7175267.5	26477.0018					
Total	276	9221458.85						
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	161.497075	9.77675018	16.5184824	6.95134E-43	142.2490367	180.745114	142.249037	180.745114
C_Cuartos por cada 100 m2	38.0957423	12.137169	3.13876675	0.001884035	14.2006143	61.9908704	14.2006143	61.9908704
C_HDD	0.13022414	0.02678912	4.86108263	1.97969E-06	0.077482884	0.18296539	0.07748288	0.18296539
C_CDD	0.10800899	0.01548929	6.97314104	2.36627E-11	0.077514354	0.13850362	0.07751435	0.13850362
C_Ln (Empleados por cada 100 m2)	4.7960601	14.8663262	0.32261233	0.747237612	-24.47211349	34.0642337	-24.4721135	34.0642337
C_Promedio de ocupación anual (%):	117.265919	78.342907	1.4968288	0.135601547	-36.97217358	271.504012	-36.9721736	271.504012

En el Anexo 7.4 encontrará la base de datos completa que se empleó para determinar el algoritmo de Hoteles, posiciones y las calificaciones de desempeño eléctrico.

Cabe mencionar que la ecuación indicada en los párrafos anteriores fue obtenida mediante el método de mínimos cuadrados, con el cual se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.2075 e indica que este modelo explica el 20.75% de la varianza en el consumo anual de energía eléctrica en los Hoteles.

La Tabla 2-5 muestra el resultado estadístico del consumo energético total de los 277 Hoteles. Las variables que resultaron significativas para pronosticar el consumo de energía total por m² son las siguientes:

Tabla 2-5 Resumen del análisis estadístico del consumo energético total de 277 Hoteles

<i>Estadísticas de la regresión</i>	
Coefficiente de correlación múltiple	0.493400851
Coefficiente de determinación R ²	0.2434444
R ² ajustado	0.229485809
Error típico	0.733933106
Observaciones	277

ANÁLISIS DE VARIANZA					
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	5	46.9722307	9.394446143	17.44047162	5.72179E-15
Residuos	271	145.976265	0.538657804		
Total	276	192.948496			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	0.904092663	0.04409777	20.50200576	4.80682E-57	0.817274907	0.99091042	0.817275	0.99091042
C_Cuartos por cada 100 m2	0.149101497	0.05474437	2.723595009	0.00687706	0.04132317	0.25687982	0.041323	0.25687982
C_HDD	0.000717377	0.00012083	5.936999945	8.86068E-09	0.000479489	0.00095527	0.000479	0.00095527
C_CDD	0.00054298	6.9864E-05	7.771958011	1.60997E-13	0.000405435	0.00068053	0.000405	0.00068053
C_In (Empleados por cada 100 m2)	0.097188905	0.06705416	1.44940901	0.148379601	-0.034824398	0.22920221	-0.034824	0.22920221
C_Promedio de ocupación anual (%)	0.901031675	0.35336356	2.549871533	0.011327165	0.205344941	1.59671841	0.205345	1.59671841

En el Anexo 7.5 encontrará la base de datos completa que se empleó para determinar el algoritmo de Hoteles, posiciones y las calificaciones de desempeño energético total.

Cabe mencionar que la ecuación indicada en los párrafos anteriores fue obtenida mediante el método de mínimos cuadrados, con el cual se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.2294 e indica que este modelo explica el 22.94% de la varianza en el consumo anual de energía total en los Hoteles.

En el Anexo 10 encontrará la metodología utilizada en el análisis estadístico realizado para los Hoteles, así como las interpretaciones y mayores detalles sobre el modelo estadístico obtenido.

2.7 Herramienta de Excel (Benchmarking de Hoteles)

De igual manera que la herramienta de benchmarking que se desarrolló para inmuebles de oficinas de la APF, el grupo de trabajo decidió desarrollar en este estudio dos herramientas de Excel en las cuales se podrá evaluar tanto el desempeño eléctrico, como el desempeño energético total de los hoteles de categorías 2 y 3 estrellas.

Para cada herramienta desarrollada (consumo eléctrico y consumo energético total), encontrará en los anexos las versiones de usuario final, en donde propiamente el usuario podrá capturar la información de su hotel para evaluar el desempeño eléctrico y energético total.

En la Figura 1 y la Figura 2 se muestran las pantallas de la herramienta de Benchmarking de Hoteles que permiten evaluar el desempeño eléctrico y energético respectivamente; las cuales son muy similares entre ambas y están integradas por las siguientes secciones:

- I. Ingreso de datos generales del inmueble
 - Nombre del hotel
 - Clasificación o categoría del hotel
 - Promedio de ocupación anual (%)
 - No. Edificios dentro del inmueble
 - Área construida en metros cuadrados
 - Tarifa eléctrica
 - Servicios de cocina (Si/No)
 - Servicios de Spa (Si/No)
 - Capacidad AA (TR)
 - Número de empleados turno principal
 - Consumo de energía (kWh/año)
 - Consumo de gas LP (litros/año) ²²
 - Consumo de gas natural (litros/año) ²¹
 - Consumo de diésel (litros/año) ²¹
 - Selección de información para ubicar el inmueble
 - ✓ Entidad federativa
 - ✓ Delegación o municipio
 - Datos agregados automáticamente
 - ✓ Región
 - ✓ Zona térmica
 - ✓ Zona climática
 - ✓ Grados Día Calefacción (GDC ó HDD)
 - ✓ Grados Día Refrigeración (GDR CDD)
 - ✓ Consumo de energía total (GJ/año)
- II. Resultados del Benchmarking
 - Gráfica la calificación de desempeño energético del hotel respecto a los inmuebles del mismo tipo
 - Resultados del desempeño eléctrico o energético de su inmueble
 - Distribución de consumos de energía y emisión de GEI por tipo de energía ²¹
- III. Próximos pasos
 - Sí el inmueble obtiene calificación de desempeño energético entre 75 y 100 puntos

²² Aplica únicamente y exclusivamente en la herramienta de evaluación de desempeño energético total.

- ✓ Despliega información para solicitar el reconocimiento por parte de la Conuee
- ✓ Guardar el archivo de Excel® en su disco duro y enviarla vía correo electrónico a la Conuee
- Sí el inmueble obtiene calificación de desempeño energético entre 0 y 75 puntos
 - ✓ Despliega información de medidas de ahorro de energía factibles de implementar en su inmueble
 - ✓ Guardar información y enviarla a la Conuee con el objeto de solicitar apoyo en acciones de ahorro de energía
- IV. Potenciales de ahorro de energía promedios identificados en diagnósticos energéticos realizados en inmuebles del mismo tipo
 - Se enlistarán una serie de acciones de ahorro de energía aplicables al sector hotelero

Figura 1 Pantalla de la herramienta de Benchmarking EE (Desempeño Eléctrico)







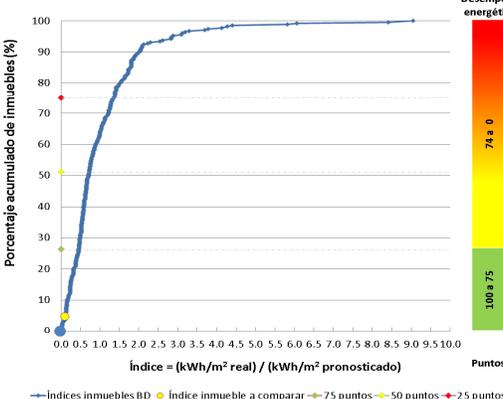
Comparación de Inmuebles

I. Ingreso de datos generales del inmueble

Nombre del Hotel: Hotel Prueba Consumo Eléctrico IPSE202	Área construida (m ²): 2,500
Categoría del hotel: ***	Tarifa eléctrica: OM
No. Habitaciones: 58	Servicio de cocina: NO
Promedio de ocupación anual (%): 71	Salon de eventos: NO
No. de edificios dentro del inmueble: 1	Inmueble con Aire Acondicionado (AA): SI
Entidad federativa: GUANAJUATO	Capacidad AA (TR): 37
Delegación o municipio: GUANAJUATO	Número de empleados turno principal: 8
Región: CENTRO	Consumo de energía (kWh/año): 20,470
Zona térmica: 3C	Inmuebles de la base de datos: 277
Zona climática: Templado	
Grados Día Calefacción (anual HDD65): 2,716	
Grados Día Refrigeración (anual CDD65) 680	

II. Resultados Benchmarking

Índice y calificación de desempeño respecto a inmuebles del mismo tipo de la BD



Índice = (kWh/m² real) / (kWh/m² pronosticado)

● Índices inmuebles BD ● Índice inmueble a comparar → 75 puntos → 50 puntos → 25 puntos

Desempeño energético de su inmueble



Calificación de desempeño energético: **96**

¡FELICIDADES!. Inmueble candidato a obtener reconocimiento de desempeño energético por parte de Conuee

Resultados de desempeño energético de su inmueble	
Concepto	Valores
Índice: (kWh/m ² -año) _{real} / (kWh/m ² -año) _{pronosticado}	0.11
ICEE (kWh/m ² -año)	8.2
Emisión de GEI (t CO ₂ /año)	14

NOTA: El Índice de Consumo de Energía Eléctrica (ICEE en kWh/m²-año) del inmueble ingresado es comparado con inmuebles del mismo tipo, usando el procedimiento Conuee-INE[®] y empleando una escala de calificaciones de 0 a 100 puntos.

III. Próximos pasos

Si usted está interesado en obtener el reconocimiento de desempeño energético por parte de Conuee, le sugerimos registrar sus "Datos Generales", guardar el archivo de Excel y enviarlo a la siguiente dirección:
erik.mendoza@conuee.gob.mx

Datos de contacto:

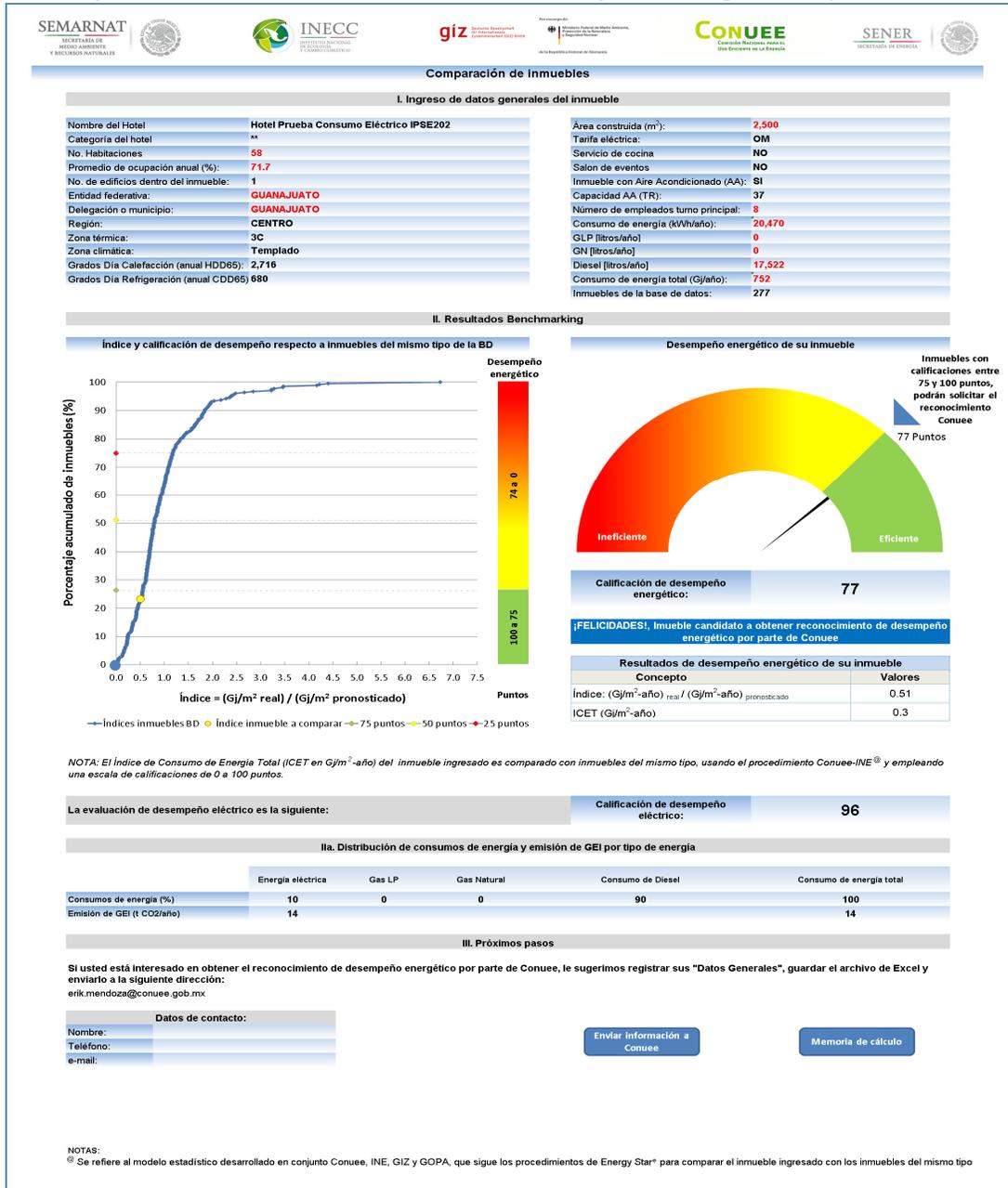
Nombre:	
Teléfono:	
e-mail:	

Enviar información a Conuee

Memoria de cálculo

NOTAS:
¹ Se refiere al modelo estadístico desarrollado en conjunto Conuee, INE, GIZ y GOPA, que sigue los procedimientos de Energy Star[®] para comparar el inmueble ingresado con los inmuebles del mismo tipo AE= Ahorro de Energía
 Otros = Ahorro de energía por sección de circuitos, campañas de ahorro, etc.
² Valores indicativos: Si desea conocer las medidas de ahorro de energía en su inmueble y los potenciales de ahorro con precisión, recomendamos solicitar asesoría técnica con el personal de la Conuee

Figura 2 Pantalla de la herramienta de Benchmarking ET (Desempeño Energético Total)



En el mismo archivo de Excel® de las Herramientas de Benchmarking, encontrará en el Manual de Operación, el cual explica la información requerida para el uso correcto de la misma.

3 Conclusiones y recomendaciones

Del análisis de la información disponible en la BD de la Conuee fue posible obtener una metodología para calificar dicho desempeño en Centros Médicos, con una muestra de 102 inmuebles, y otra para Escuelas de Nivel Medio Superior, empleando una muestra de 49 inmuebles; asimismo, empleando una muestra de 277 hoteles, fue posible desarrollar una herramienta para evaluar el desempeño eléctrico y energético total de hoteles. La metodología desarrollada para cada tipo de inmueble es similar al establecido para calificar inmuebles de oficinas desarrollado en 2011 y 2012, en donde los inmuebles con puntuaciones mayores o iguales a 75 puntos son considerados como eficientes y menores a 75 puntos, son considerados como ineficientes y por lo tanto con potenciales de ahorro energético y reducción de gases de efecto invernadero.

Cabe mencionar que no fue posible obtener el algoritmo de desempeño energéticos para Escuelas de Educación Elemental, Institutos Científicos y Escuelas de Nivel Superior, debido a que la información de consumos de energía y variables clave presentaron datos muy heterogéneos entre las diferentes tipologías, y lo mismo sucede si sólo se consideran escuelas de nivel básico y medio superior (K12), no obstante, se recomienda que la Conuee continúe con la recolección de información para este tipo de inmuebles que podrían ser analizados en próximas etapas del benchmarking.

A continuación se indican, en primer lugar, algunas sugerencias para perfeccionar en el futuro el desarrollo de algoritmos de desempeño energético, así como, facilitar el proceso del reconocimiento de desempeño energético a inmuebles de la APF:

- a) Incrementar la calidad de información ingresada por los usuarios
 - Programar filtros para que la información de la BD sea confiable
 - Programar sistema para que despliegue información y el usuario seleccione la información que se requiere, minimizando errores de captura
 - No permitir el envío de información hasta completar la información mínima necesaria para el análisis
- b) Integrar la información requerida (en los sistemas actuales de captura) para realizar análisis estadísticos de acuerdo con el tipo de inmueble
 - Solicitar a los usuarios de Centros Médicos y Escuelas, la información requerida para realizar análisis de las variables indicados en la tabla 1.2, tabla 1-5 y Anexo 3.1

- c) Incrementar la confiabilidad de los datos en la BD
 - Establecer análisis de indicadores que permiten identificar errores e inconsistencia de información
 - Sistematizar el análisis de información y eliminación de datos con inconsistencias, por ejemplo: programar filtros de información que permitan visualizar de manera sistematizada, aquellos inmuebles de la BD que tengan las variables que se identifiquen como relevantes para el análisis, establecer rangos y reglas sobre los indicadores que permiten identificar errores e inconsistencias, etc.
- d) Integrar a la plataforma de recepción de datos de la Conuee, la base de datos con los nombres de entidades federativas, municipios y localidades, así como sus respectivos identificadores que emplea INEGI, para facilitar la integración de información de los GDR y GDC necesarios para el análisis estadístico
- e) Desarrollar la aplicación de la herramienta en Internet e Intranet
 - Herramienta disponible para público en general
 - Herramienta exclusiva para Conuee-INECC que permita operar y administrar el programa de reconocimientos de desempeño energético
 - Establecer una sección que permita crear una base de datos con la información que ingresen los usuarios
- f) Integrar las herramientas desarrolladas para Oficinas, Centros Médicos y Escuelas en el Portal (aplicativo) en línea propuesto.²³ En caso de que el desarrollo del portal no sea previsto a desarrollarse en el corto plazo, se sugiere integrar los algoritmos de Centros Médicos y Escuelas de Nivel Medio Superior, a la herramienta desarrollada en Excel® de los inmuebles de oficinas y bancos
- g) Continuar con la prueba de los algoritmos desarrollados para Centros Médicos y Escuelas de Nivel Medio Superior, con la finalidad de calificar los inmuebles existentes en la base de datos, e iniciar con la entrega de reconocimientos para aquellos inmuebles con calificación mayor o igual a 75 puntos; similar a los procedimientos que está implementando la Conuee en los inmuebles de oficinas
- h) Integrar el análisis de la información de las encuestas energéticas que se obtengan del proyecto de “Escuelas Bajas en Emisión” en cuanto se tenga una muestra significativa de inmuebles en donde se pueda analizar las características eléctricas y térmicas
- i) Se recomienda iniciar con la evaluación y desarrollo de metodologías que permitan integrar los valores de GDR y GDC actualizados, en lugar de los valores determinados con datos históricos que emplea actualmente la herramienta
- j) Asimismo, se recomienda continuar con el desarrollo del modelo para evaluar el desempeño de hoteles

²³ Elaboración de recomendaciones para el portal (aplicativo) en línea para la evaluación y monitoreo del Sistema de Benchmark de EE en edificios, informe preparado por Grupo Ergon Plus S.A. de C.V., para Programa Energía Sustentable, Componente Edificación, Marzo de 2014.

- k) Por último, se recomienda realizar los ajustes necesarios en la herramienta de oficinas, de acuerdo con las últimas modificaciones a dicho algoritmo y a las recomendaciones que se obtuvieron en el taller que se llevó a cabo en Canadá (véase abajo)

Derivado de la retroalimentación obtenida durante el taller de Benchmarking celebrado en Ottawa, Canadá el 24 y 25 marzo de 2014, en donde participaron expertos de *Energy Star*® (USEPA, NRCAN), se confirmó que se ha estado trabajando adecuadamente en el desarrollo de los modelos para evaluar el desempeño energético de los inmuebles de Oficinas, Bancos, Centros Médicos y Escuelas, empleando la información que tenemos actualmente en México, como lo es la BD del PEE de la Conuee, información histórica de los GDR y GDC, y recomendaciones de ahorro de energía basadas en diagnósticos energéticos para inmuebles del mismo tipo.

Para perfeccionar el desarrollo de algoritmos de desempeño energético en hoteles, se sugiere trabajar conjuntamente con la Secretaría de Turismo (SECTUR) y la Conuee, en el desarrollo de una base de datos que sea alimentada por los propios responsables de los hoteles y que contenga información relevante para perfeccionar los modelos estadísticos y la herramienta de benchmarking correspondiente.

Como complemento a las conclusiones y recomendaciones de esta sección, en el Anexo 11 se podrá consultar el informe de este taller, del cual surgieron varias recomendaciones estratégicas que se podrán consultar en el Anexo 12. Las recomendaciones más importantes se mencionan a continuación:

- a) Perfeccionar los algoritmos elaborados a través de un método de "prueba y error", analizando el efecto de cada variable empleada en el modelo, por ejemplo USEPA realizó pruebas con más que doscientos modelos antes de tener su versión final;
- b) Hacer pruebas con los modelos con el objetivo de calibrarlos bajo el contexto mexicano, y de aplicar los modelos tanto en inmuebles del sector público y privado (de acuerdo con la práctica en EE.UU. y Canadá);
- c) Obtener retroalimentación de los usuarios, a través de la aplicación de los modelos en la práctica. Ello significa que Conuee e INECC deben identificar grupos de usuarios para realizar aplicaciones piloto de los modelos. La disponibilidad del portal en línea apoyará a la realización de los pilotos;
- d) Enfocarse en la perfección de los modelos para uno o dos tipos de inmuebles antes de expandir a otros sectores (conforme a la experiencia en EE.UU.);
- e) Identificar y desarrollar sinergias con otros programas e instrumentos que promueven la eficiencia energética en edificios públicos y comerciales, como por ejemplo la certificación LEED;
- f) Una buena práctica es generar concursos voluntarios que permitan emplear el Modelo de Benchmarking para documentar los niveles de eficiencia de diferentes inmuebles y con el tiempo establecer programas de carácter obligatorio (como por ejemplo en el caso de la ciudad de Nueva York);

- g) Una práctica complementaria que se podría trabajar simultáneamente es la generación de incentivos financieros, certificaciones o distintivos de inmuebles eficientes;
- h) Con relación a la obtención de información para el análisis y desarrollo de modelos estadísticos, es recomendable identificar dependencias a las cuales le sea útil obtener la información de encuestas energéticas; por ejemplo INEGI tiene capacidad para realizar dichas encuestas y trabajar conjuntamente con Conuee u otras dependencias para definir los alcances de las encuestas.

Referencias

[Grados-día para México, una estimación necesaria, Ing. Odón de Buen R.](#)

Energy Star® Portfolio Manager Data Collection Worksheet
PM_Data_Collection_Worksheet.doc

Energy Star® Performance Ratings Technical Methodology
General_Overview_tech_methodology.pdf

Energy Star® Performance Ratings Technical Methodology
Energy Star Metodologia-ratings.pdf

Energy Star® Performance Ratings Technical Methodology for Office, Bank/Financial Institution, and Courthouse
office_tech_desc.pdf

Energy Star® Performance Ratings
Technical Methodology for Medical Office Building
medical_tech_desc.pdf

Energy Star® Performance Ratings
Technical Methodology for Hospital (General Medical and Surgical)
Technical_Description_Hospitals_Nov_2011.pdf

Energy Star® Performance Ratings
Technical Methodology for K-12 School
k12school_tech_desc.pdf

Energy Star® Performance Ratings
Technical Methodology for Hotel
hotel_tech_desc.pdf

INECC (2015). *Metodología de evaluación (benchmarking) del desempeño energético para hoteles*. México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Diseño de un benchmarking energético, Sector hotelero PyME y acompañamiento en su implementación en destinos turísticos mexicanos.
Informe Benchmarking en Hoteles de México_hrp V6.pdf.

Anexos

A continuación se enlistan los Anexos entregados en versión electrónica:

1. Centros Médicos de la APF con información relevante para Benchmarking
 - 1.1. Centros Médicos con inconsistencias en la información
2. Escuelas de la APF con información relevante para benchmarking
 - 2.1. Escuelas con inconsistencias en la información
3. Formato de encuesta energética en Escuelas (Benchmarking)
 - 3.1. Layout formato de encuesta energética en Escuelas (Benchmarking)
4. Centros Médicos empleados para obtener el algoritmo de desempeño energético
5. Escuelas de la APF con información relevante para benchmarking corregida
6. Escuelas empleadas para obtener el algoritmo de desempeño energético
7. Base de datos de 423 Hoteles de estudio de NAMA PyME
 - 7.1 Base de datos de 334 Hoteles de estudio de NAMA PyME
 - 7.2 Relación de Hoteles con inconsistencia de información
 - 7.3 Formato de encuestas energéticas en Hoteles
 - 7.4 Base de datos de 277 Hoteles para determinar el algoritmo de desempeño eléctrico
 - 7.5 Base de datos de 277 Hoteles para determinar el algoritmo de desempeño energético total
8. Metodología de evaluación de desempeño energético para Centros Médicos
9. Metodología de evaluación de desempeño energético para Escuelas de Nivel Medio Superior
10. Informe del “Improving Conditions for Green Building Construction in North America Workshop: *Energy Star*® Portfolio Manager in Mexico”
11. “Improving Conditions for Green Building Construction in North America Workshop: *Energy Star*® Portfolio Manager in Mexico” - Conclusiones y recomendaciones

De igual manera, se anexan en versión electrónica los archivos indicados en las referencias.