

## Evaluación de la Sustentabilidad Ambiental en la Construcción y Administración de Edificios en México\*

---

Ing. Odón de Buen Rodríguez

\* El presente documento de trabajo muestra resultados de investigación realizada para el Instituto Nacional de Ecología sobre la certificación de la sustentabilidad de edificaciones en México. El contenido de este documento, así como sus conclusiones no reflejan necesariamente la opinión del Instituto o alguna otra dependencia del Gobierno Federal Mexicano.

Fecha Diciembre, 2010 ▪ No. 001 ▪ Tema: Desarrollo Sustentable y Economía Verde

*Dirección General de Investigación en Política y Economía Ambiental*

## RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar una metodología para la evaluación de la sustentabilidad de los edificios en México que pueda ser estandarizada y equiparable con el resto de Norteamérica.

Con este propósito se revisaron y analizaron tres sistemas de evaluación de edificaciones sustentables en Norteamérica: *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), *Living Building Challenge* (LBC) y *Energy Star for Buildings*. Además, se incluyó en el análisis el sistema español *Green Building Council España* (GBCe) con el fin de tener un punto referencia distinto al norteamericano.

Como resultado del análisis de los sistemas de evaluación consultados se decidió utilizar *Energy Star®* como sistema de referencia para el desarrollo de una metodología propia por las siguientes razones:

- La metodología de *Energy Star* permite la comparación de consumos de energía. Lo cual permitiría estimar emisiones de gas de efecto invernadero.
- Es el sistema que requiere de la descripción más sencilla del edificio (datos de área, de ocupación y de demanda y consumo energéticos) y no requiere -a diferencia de los otros sistemas- datos sobre las condiciones de la localización de los edificios.
- Para los sistemas LEED, LBC y GBCe, la evaluación se lleva a cabo por profesionistas acreditados, mientras que para *Energy Star* se requiere una acreditación menos restrictiva.

En el presente documento se utilizó una base de datos de edificios públicos de la CONUEE, la cual integra un número significativo de edificios de oficinas ocupados por dependencias y entidades del gobierno federal en México. Esta base de datos contiene información relativa al consumo anual de energía y el área construida. Esta información se complementó con datos de *Grados Día* obtenidos por la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAAE), lo cual permitió contar con información relativa al clima en los mismos términos que la metodología planteada para el sistema de *Energy Star*.

Como resultado de la investigación se proponen algunas líneas a seguir. Esencialmente se sugiere el fortalecimiento de la recopilación e integración de información relacionada a los edificios comerciales en México con el fin de aplicar de manera cabal un sistema internacional de certificación de sustentabilidad ambiental.

En particular se recomienda:

- Sugerir a la CONUEE la integración de variables adicionales a su base de datos.
- Llevar a cabo una encuesta nacional de edificios comerciales.
- Revisar información relativa a edificios comerciales ubicados en México de organismos internacionales.

Asimismo, se considera útil realizar los trabajos de manera conjunta con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Secretaría de Energía (SENER) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) para aprovechar su interés, información y sus propias necesidades de análisis.

Finalmente, se sugiere ponerse en contacto con cámaras y asociaciones de organizaciones y empresas que operan fundamentalmente en edificios, como lo son escuelas, hospitales, hoteles, tiendas departamentales, tiendas de autoservicio y restaurantes con el fin de iniciar una colaboración conjunta para la sustentabilidad de edificios.

## ABSTRACT

The purpose of the present work is to establish a methodology for assessing the sustainability of buildings in Mexico, which can be standardized and comparable with the rest of North America.

For this purpose three building assessment systems in North America were first analyzed: (a) *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), (b) *Living Building Challenge* (LBC); and (c) *Energy Star for Buildings*. In addition, the analysis included Spain's Green Building Council (GBCe), to have a different comparison point with the North American systems.

The analysis of the four systems suggests the use of the *Energy Star* system due to the following reasons:

- For all systems, the *Energy Star* system is the basis for comparison in terms of energy consumption and therefore emissions of greenhouse gases.
- It is the system requiring the simplest description of the building (construction surface, occupancy and energy consumption) and does not require (unlike other systems) data on the location of the buildings.
- For the LEED, LBC and GBCe systems, the evaluation must be performed by professionals accredited, while for the *Energy Star* certification is less restrictive

A database of public buildings, managed by the Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE), was used. It integrates a significant number of office buildings occupied by departments and agencies of the federal government in Mexico. This database holds information on annual energy consumption and area occupied. Such database was complemented with available information on Degree Day data provided by the Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAAE); it allowed to include information on weather in the same terms as the proposed methodology by *Energy Star* system.

From the analysis, some suggestions are presented below. First, it is suggested to strengthen the collection and integration of information related to commercial buildings in Mexico to implement a fully international system of certification of environmental sustainability. In particular, it is recommended:

- To suggest to CONUEE the integration of additional variables to its database
- To conduct a national survey of commercial buildings
- To review information on commercial buildings located in Mexico by international organizations

Likewise, besides the support of the CONUEE, it would be useful to carry out a study jointly with the Commission Federal de Electricidad (CFE), the Secretaría de Energía (SENER) and the Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE), in order to share and generate information for common analytical needs.

Also, it is suggested to establish contact with chambers, associations and companies operating primarily in buildings such as schools, hospitals, hotels, department stores, supermarkets and restaurants.

## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO .....	1
ABSTRACT .....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. SISTEMAS INTERNACIONALES PARA LA CERTIFICACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE EDIFICIOS.....	10
2.1. Leadership In Energy And Environmental Design (Leed) Green Building.....	10
2.1.1. ¿Quién lo opera?.....	10
2.1.2. Requisitos y/o necesidades del sistema.....	10
2.1.3. Alcance.....	11
2.1.4. Proceso de evaluación / metodología.....	11
2.1.5. Formas de evaluación de la conformidad.....	12
2.1.6. Algoritmo(s) de evaluación / indicadores.....	12
2.1.7. Tipos de calificación.....	12
2.1.8. Características de la certificación.....	13
2.1.9. Herramientas.....	13
2.1.10. Otros.....	13
2.2. Living Building Challenge (LBC) .....	13
2.2.1. ¿Quién lo opera?.....	14
2.2.2. Requisitos y/o necesidades del sistema.....	14
2.2.3. Alcance .....	14
2.2.4. Proceso de evaluación / metodología.....	14
2.2.5. Características de la certificación .....	15
2.3. GBC España – Verde .....	15
2.3.1. Quién lo opera.....	16
2.3.2. Requisitos y/o necesidades del sistema.....	16
2.3.3. Alcance .....	16
2.3.4. Proceso de evaluación / metodología.....	16
2.3.5. Parámetros/criterios para la evaluación de los edificios .....	16
2.3.6. Cuantificación de criterios/impactos .....	17
2.3.7. Formas de evaluación de la conformidad (certificados).....	17
2.3.8. Algoritmo(s) de evaluación / indicadores.....	17
2.3.9. Tipos de calificación .....	17
2.3.10. Características de la certificación .....	18
2.3.11. Herramientas.....	18
2.4. Energy Star .....	18
2.4.1. ¿Quién lo opera?.....	18
2.4.2. Antecedentes del sistema (EPA, 2010b).....	19
2.4.3. Requisitos y/o necesidades del sistema.....	19

2.4.4.	Base de datos del sistema (Benchmark) .....	19
2.4.5.	Alcance.....	20
2.4.6.	Proceso de evaluación / metodología.....	20
2.4.7.	Parámetros/criterios para la evaluación de los edificios.....	21
2.4.8.	Cuantificación de criterios / impactos.....	21
2.4.9.	Formas de evaluación de la conformidad.....	22
2.4.10.	Algoritmo(s) de evaluación / Indicadores. ....	22
2.4.11.	Tipos de calificación. ....	22
2.4.12.	Características de la certificación. ....	22
2.4.13.	Herramientas.....	23
2.4.14.	Análisis de los sistemas descritos .....	23
3.	APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA <i>ENERGY STAR</i> PARA MÉXICO ..	27
3.1.	La base de datos de referencia.....	27
3.1.1.	<i>Energy Star</i> .....	27
3.1.2.	México .....	27
3.1.3.	Normalización de parámetros ( <i>Energy Star</i> , 2010d).....	28
3.2.	Aspectos del análisis de regresión .....	28
3.3.	Filtros de datos.....	28
3.3.1.	<i>Energy Star</i> .....	29
3.3.2.	México .....	29
3.4.	La variable dependiente.....	30
3.4.1.	<i>Energy Star</i> .....	30
3.4.2.	México .....	30
3.5.	Las variables independientes.....	30
3.5.1.	<i>Energy Star</i> .....	30
3.5.2.	México .....	30
3.6.	Consumo de Energía eléctrica.....	32
3.6.1.	Consumo de energía eléctrica vs superficie construida .....	32
3.6.2.	Consumo de energía eléctrica vs número de empleados .....	33
3.6.3.	Consumo de energía eléctrica vs número de computadoras personales .....	33
3.6.4.	Consumo de energía eléctrica vs horas de operación a la semana .....	33
3.6.5.	Consumo de energía eléctrica vs Grados día de refrigeración (CDD por sus siglas en inglés) multiplicada por el porcentaje de enfriamiento.....	33
3.7.	Conclusiones al análisis de variables independientes aplicadas por <i>energy star</i> .....	34
4.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO PARA UN EDIFICIO HABILITADO COMO OFICINA .....	36
4.1.	El modelo .....	36

4.2. La herramienta en Excel.....	37
4.2.1. Ejemplo de cálculo .....	37
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	40
5.1. Conclusiones.....	40
5.2. Recomendaciones .....	40
BIBLIOGRAFÍA .....	42
ANEXOS.....	45

## INTRODUCCIÓN

La población urbana en México presenta actualmente un crecimiento importante, pues pasó de representar el 42.6% de la población total en 1950 a representar el 76% de la población total en 2005; y se estima que esta tendencia continuará durante los siguientes años. En este sentido, la importancia que en un futuro cobrarán los edificios en el país será cada vez mayor al aumentar la demanda por el suelo urbano, cada vez más escaso y por lo tanto los impactos ambientales que se generarán también se incrementarán.

Cabe destacar que los datos que existen sobre el impacto ambiental de la construcción u operación de los edificios existentes en México son escasos. La CCA (2008) reporta que en nuestro país las edificaciones son responsables de:

- 17% del consumo total de energía,
- 5% del consumo total de agua,
- 25% del consumo total de electricidad,
- 20% de las emisiones de dióxido de carbono,
- 20% de los desechos generados.

Por su parte, la Iniciativa de Edificios Sostenibles y Clima del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente señala que los edificios generan el 12% de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del país y que para 2050 las emisiones se podrían multiplicar 6.7 veces si no se actúa (UNEP SBCI, 2009).

Con excepción del programa de certificación de edificaciones sustentables del Gobierno del Distrito Federal, que es de orden local, no existe un programa nacional e integral de certificaciones o algún sistema de evaluación para construcciones de edificaciones sustentables creadas en función del marco institucional y ambiental mexicano. Con respecto a eficiencia energética existe la normatividad oficial mexicana para edificios (NOM-ENER-07, NOM-ENER-08, NOM-ENER-13, NOM-ENER-18 y NOM-ENER-20 [en proceso]); sin embargo, hasta el momento no han sido suficientes para atender la problemática.

En este contexto, en el marco de la Comisión para la Cooperación Ambiental del Tratado de Libre Comercio para América del Norte (CCA) se acordó reducir los impactos ambientales de los edificios mediante prácticas mejoradas de edificación, pues éstas constituyen una de las formas más rápidas y baratas de reducir considerablemente las emisiones de efecto invernadero, frecuentemente con un beneficio económico neto para los inversionistas. Lo cual sugeriría que la medida más sencilla y efectiva para reducir la huella ecológica de los edificios es la eficiencia energética.

La CCA estima que si en México se adoptaran sistemas para evaluar la eficiencia energética de las edificaciones, se generaría una reducción en el consumo anual de energía del 70% en el sector habitacional y del 55% para el sector comercial para 2030, en comparación al escenario tendencial (CCA, 2008). Esto equivale a la reducción de 102 megatoneladas de CO<sub>2</sub> para 2030, lo que ayudaría a reducir la generación de gases de efecto invernadero emitidos en México.

La UNEP SBCI, por su parte, refiere que con la implementación de políticas para reducir los impactos ambientales de los edificios se podría lograr reducir el crecimiento de las emisiones de CO<sub>2</sub> equivalente del sector residencial en un 63% con respecto a la línea base proyectada a 2050; además en el sector comercial podría reducirse considerablemente la intensidad energética entre un 60% y 75%.

En este sentido, para la reducción del impacto ambiental de la construcción y funcionamiento de los edificios, se han diseñado diversas estrategias en la construcción y adopción de tecnologías que no se han adoptado de forma uniforme. Esto se debe a que la construcción de edificios no sólo involucra un proceso de ingeniería, también implica un proceso llevado a cabo por arquitectos, en el cual se les imprime una visión artística y funcional. Dada esta situación, la mejor estrategia implementada para reducir el impacto ambiental de un edificio es la creación de un sistema de evaluación y certificación que califique las estrategias constructivas<sup>1</sup>, su diseño, así como las tecnologías usadas en el edificio, de una manera flexible para que les sea posible a los arquitectos combinar los aspectos de ingeniería y arquitectura en una edificación con fines sustentables.

En EUA existen diversos métodos y sistemas de evaluación y certificación de edificaciones sustentables<sup>2</sup>. El más usado es el Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (Leadership in Energy and Environmental Design, LEED) desarrollado y operado por el Consejo de Edificación Verde (US Green Building Council, USGBC), el cual es un sistema voluntario certificado por terceras partes. El LEED verifica que un edificio esté diseñado, construido y operando estrategias que permitan mejorar el desempeño en: ahorro energético, ahorro de agua, reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, calidad ambiental interior mejorada, administración de materiales, reciclaje e impactos ambientales en el sitio de construcción.

Igualmente, existe el sistema diseñado y manejado por la *Environmental Protection Agency* (EPA) dentro del sistema *Energy Star*, que se basa en comparaciones de parámetros de una base de datos edificios existentes con los correspondientes al edificio a certificar.

La presente investigación tiene la finalidad de desarrollar una metodología para evaluar la sustentabilidad ambiental en la construcción y administración de los edificios en México, con el objetivo de impulsar las edificaciones sustentables en el país. De igual modo, se busca que dicha metodología esté estandarizada y sea equiparable con el resto de Norteamérica para la evaluación de la sustentabilidad de los edificios.

En el capítulo 2 se presenta la descripción de cuatro sistemas de certificación de edificios: *Energy Star*, LEED, USGBC y *Living Building Challenge* (LBC). Se detalla de manera general la operación de los programas, los criterios de evaluación y el proceso de certificación para cada uno de los sistemas mencionados. La finalidad de este análisis es la identificación de aquellos procedimientos, parámetros y criterios que permitan utilizarlos como referencia para el desarrollo de una metodología propia de evaluación de la sustentabilidad. Como resultado de la comparación, se concluyó que *Energy Star* es la base metodológica de referencia que presenta mayores ventajas para el diseño de un método de certificación de edificios en México. Su ventaja radica en una serie de aspectos que tienen que ver con la disponibilidad de datos y el procedimiento de evaluación y certificación.

En el capítulo 3, se describe el proceso de asimilación/adaptación del sistema *Energy Star* para certificación de edificios en México. En él se describen aspectos de normalización de la información, la generación de variables a utilizar, la comparación de consumo de energía así como el detalle del análisis de regresión múltiple con información disponible para nuestro país. De esta manera, el

---

<sup>1</sup>Éstas pueden incluir la implementación de soluciones de alta tecnología (ej. celdas fotovoltaicas) o prácticas sencillas en el diseño (orientación del edificio, aprovechamiento de la luz, sistemas de ventilación pasivos, etc.).

<sup>2</sup> Edificación sustentable se refiere a la utilización de prácticas y materiales respetuosos del medio ambiente (con ventaja ambiental o ambientalmente preferibles) en la planeación, diseño, ubicación, construcción, operación y demolición de edificaciones. El término se aplica tanto a la renovación y reacondicionamiento de inmuebles preexistentes como a la construcción de nuevos edificios, sean habitacionales o comerciales, públicos o privados. (CCA, 2008)

capítulo final presenta la metodología de evaluación de desempeño energético para un edificio habilitado como oficina.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones que se desprenden de los capítulos anteriores con respecto a la metodología propuesta de evaluación de la sustentabilidad, así como algunas sugerencias para continuar con la investigación.

## SISTEMAS INTERNACIONALES PARA LA CERTIFICACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD AMBIENTAL DE EDIFICIOS

Esta sección analiza cuatro sistemas de certificación de edificios: *Leadership in Energy and Environmental Design*(LEED) desarrollado y administrado por el US Green Building Council (USGBC); el sistema *Energy Star*, diseñado y manejado por la Environmental Protection Agency (EPA); el *Living Building Challenge* (LBC) y el *Green Building Council* aplicado en España (GBCe). Esto con el fin de determinar los pros y contras de cada uno.

### LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN (LEED) GREEN BUILDING

LEED *Green Building* es una certificación de construcciones elaborada por el *U.S. Green Building Council*(USGBC, 2010).

El sistema LEED es una certificación que se fundamenta en la tecnología existente en el mercado y que evalúa el desempeño ambiental desde la perspectiva de todo el edificio y proporciona un estándar para edificios verdes en el diseño, construcción y operación; es voluntario, se basa en el consenso y se guía por la evolución del mercado. De acuerdo a sus preceptos, requiere de principios ecológicos y de eficiencia energética previos, buscando el equilibrio en tres prácticas establecidas y nuevos conceptos de sustentabilidad (USGBC, 2010a).

### ¿Quién lo opera?

LEED es un sistema del *Green Building Council* de Estados Unidos. De acuerdo a su página electrónica, el propósito del USGBC es proponer soluciones para tener un equilibrio entre el ambiente, la sociedad y la economía, utilizando datos científicos y técnicos para proteger, preservar y restablecer el medio ambiente, los ecosistemas y las especies(USGBC, 2010a).

Entre las actividades del USGBC se encuentran las siguientes:

- Certificar edificios como “verdes” a través del programa LEED.
- Impartir cursos de diseño sustentable, construcción y operación para profesionales de todos los sectores.
- Realizar conferencias y exposiciones sobre construcción sustentable.
- Promover políticas e iniciativas que fomenten la transformación del mercado para una construcción sustentable; y
- Proveer de oportunidades educativas a profesionales recién egresados.

Está integrado por 78 filiales nacionales, más de 18,000 miembros, entre los cuales se encuentran empresas y organizaciones, constructores, ecólogos, funcionarios de gobierno, profesores, estudiantes y cualquier persona interesada en pertenecer al GBC, así como profesionales titulares de credenciales de verificación LEED (USGBC, 2010).

### Requisitos y/o necesidades del sistema

Los requisitos mínimos que establece el programa para los edificios en operación son (ver Anexo E) (USGBC, 2009):

- Que el edificio haya estado en operación al menos 12 meses antes de su evaluación

- Cumplir con leyes ambientales
- Ser un edificio construido en un lugar permanente, o ser un espacio interior completo.
- Utilizar límites razonables, es decir, el proyecto debe incluir todos los ámbitos que se verían afectados con su desarrollo.
- Cumplir con requisitos mínimos de área de suelo o terreno, dependiendo del tipo de edificio.
- Tener un mínimo de ocupación. Debe estar en un estado de ocupación física normal y con todos los sistemas incluyendo todos los períodos de funcionamiento, así como al menos los 12 meses anteriores a la evaluación.
- Permitir el acceso total a datos de energía y agua al USGBC
- Cumplir con un mínimo de área de construcción: El área construida no debe ser menor del 2% que el área del terreno.

De acuerdo al tipo de edificio a certificarse se requiere un edificio de referencia, ya que la evaluación de eficiencia energética se basa en la certificación *Energy Star*; además se requiere llenar un listado de datos (ver ANEXO F).

Para los edificios en diseño y construcción el programa no requiere de un listado de datos, ya que se realiza una simulación de los consumos a partir de los datos de diseño y los planos de construcción.

### **Alcance**

El sistema está diseñado para la evaluación de edificios comerciales, institucionales y residenciales, ya sean nuevos o existentes. La evaluación comprende, según el caso, el diseño, la remodelación y la operación del edificio.

Las áreas temáticas tomadas en cuenta para la evaluación son:

- Localización del sitio adecuado
- Escala y tamaño apropiado de la edificación
- Agua
- Eficiencia energética
- Energías renovables
- Materiales y re-uso
- Manejo de residuos
- Calidad del ambiente en el interior del edificio
- Innovación en operaciones.

### **Proceso de evaluación / metodología**

El proceso comprende los siguientes pasos ( GBCI, 2010):

- Registro del proyecto
- Preparación y presentación de la solicitud de evaluación
- Revisión de la solicitud
- Certificación

*Parámetros/criterios para la evaluación de los edificios.*

Los criterios de evaluación se refieren a los sistemas físicos del edificio, es decir, los equipos, el diseño, el terreno, etc.; así como la manera en que el edificio es ocupado y operado, es decir, manejo de residuos, monitoreo de temperaturas, implementación de programas de ahorro de energía, agua, entre otros. Estos criterios se cumplen con elementos que se describen de manera particular para cada uno de ellos (USGBC, 2009).

*Cuantificación de criterios/impactos.*

La evaluación está basada en una suma de puntos que se van acumulando dependiendo del cumplimiento de los créditos (puntos a calificación), los cuales están integrados en una lista de datos y requisitos (Ver ANEXO F).

### **Formas de evaluación de la conformidad**

Los encargados de evaluar la conformidad de este sistema son profesionales acreditados por USBGC que han demostrado profundo conocimiento de las prácticas de edificación sustentable y la familiaridad con los principios y requisitos de LEED.

Los pasos que deben seguir estos profesionales para obtener la acreditación son (USGBC, 2010b):

- Capacitación por 30 horas cada 2 años, dedicando 6 horas al sistema de evaluación LEED para el que se va a certificar.
- Presentar un examen para comprobar que conoce el sistema LEED y su aplicación.
- Si aprueba el examen, su certificado se entrega o envía electrónicamente 2 o 3 meses después de haber aprobado.

### **Algoritmo(s) de evaluación / indicadores**

El algoritmo utilizado para la evaluación se basa en la suma de puntos en función de una lista indicada en una hoja de cálculo en la que se deben seleccionar las características del edificio a ser evaluado para obtener el tipo de certificación correspondiente a dicha puntuación (USGBC, 2009).

En este sentido, la localización del sitio o emplazamiento sostenible ofrece hasta 26 puntos, la optimización en el consumo de agua 10 puntos, la eficiencia energética y la disminución de contaminantes a la atmósfera 35 puntos, materiales y recursos 14 puntos y la calidad del ambiente interior 15 puntos; se puede acceder a puntos adicionales (hasta 10) en el diseño e innovación del edificio.

### **Tipos de calificación**

La calificación según los puntos acumulados en la lista de requisitos se especifica en la Tabla 1.

**Tabla 1. Escala de certificación LEED (USGBC, 2009)**

Escala	Puntuación
<b>Certificado</b>	<b>34-42</b>
<b>Plata</b>	<b>43-50</b>
<b>Oro</b>	<b>51-67</b>
<b>Platino</b>	<b>68-92</b>

## Características de la certificación

En la certificación LEED para edificios existentes, la mayoría de los requerimientos se refieren a mejores prácticas tanto en operación como en mantenimiento, mientras que para edificios nuevos y para los edificios comerciales, los requerimientos son para la construcción, ya que el edificio no ha estado en operación.

Se debe solicitar la re-certificación cada año o al menos cada cinco años, para poder mantener la certificación LEED. De lo contrario, el proceso de certificación deberá realizarse nuevamente como una certificación inicial.

## Herramientas

El sistema cuenta con una lista dentro en una hoja de cálculo que permite establecer la calificación correspondiente.

## Otros

De acuerdo a la USGBC, la certificación LEED ofrece ventajas ambientales y financieras de entre las cuales se mencionan las siguientes (USGBC, 2010a):

- Bajos costos de operación y aumento del valor de los activos.
- Reducción de los desperdicios en los rellenos sanitarios.
- Ahorro de energía y agua.
- Desarrollo de edificaciones más amigables con el medio ambiente y seguras para los ocupantes.
- Protección de recursos naturales y tierras de cultivo, promoviendo la construcción de edificios en lugares con infraestructura existente.
- Reducción de la emisión de gases de efecto de invernadero.
- Deducción de impuestos, derechos de emisión zonificados y otro tipo de incentivos en diferentes ciudades.
- Demostrar que los propietarios están comprometidos con el medio ambiente y la responsabilidad social.

## LIVING BUILDING CHALLENGE (LBC).<sup>3</sup>

The *Living Building Challenge* es un conjunto de medidas que buscan que los edificios sean más respetuosos con el medio ambiente utilizando los recursos renovables y el auto-tratamiento de los sistemas de agua.

El propósito del *Living Building Challenge* es definir el grado más alto de sustentabilidad en construcción, basándose en el conocimiento y pensamientos más actuales (arquitectura, ingeniería, planeación, diseño), reconociendo que “verdaderamente sustentable” aún no es posible.

---

<sup>3</sup>La información que aparece en este documento se tomó de la página <http://ilbi.org/>

### ¿Quién lo opera?

La operación de este programa lo lleva a cabo el International Living Building Institute, fundado en 2009 por Cascadia Region Green Building Council, que es miembro del Green Building Council de Estados Unidos y Canadá (ILBI, 2010).

### Requisitos y/o necesidades del sistema

Este programa tiene varios prerequisitos. A continuación se muestran los considerados de mayor importancia:

- El edificio no debe estar construido o construirse cerca de humedales, hábitats sensibles, dunas, bosques, entre otros.
- Por cada hectárea construida, una cantidad igual de la tierra debe dejarse de lado como parte de un hábitat de cambio.
- La energía que el edificio necesite debe proveerse al 100% de fuentes renovables.
- El proyecto no debe contener materiales tóxicos (expresa la lista de los materiales que no deben usarse).
- El proyecto debe dar cuenta de la huella de carbono.
- 100 por ciento de las aguas pluviales y descarga de agua de edificios tienen que ser manejados en el sitio.
- Cada espacio debe tener ventanas que faciliten el aire fresco y la luz del día (cuenta con excepciones según el tipo de construcción por ejemplo, un teatro).
- El proyecto debe contener características del diseño que sean únicamente para el deleite humano.

Para evaluar un edificio ya construido bajo este estándar, se requiere que haya estado en funcionamiento continuo y totalmente ocupado por al menos 12 meses y, para registrar un proyecto en este programa se debe pertenecer al Living Building Community.

### Alcance

El alcance de este programa es muy amplio ya que entran todo tipo de edificaciones; se evalúan los edificios en las etapas de diseño, construcción y operación.

Las áreas temáticas que evalúa este programa son desde el sitio de localización, el uso del agua y la energía, la calidad del ambiente interior, materiales de construcción, hasta la belleza e inspiración para el ocupante.

### Proceso de evaluación / metodología

El proceso de evaluación de este programa se basa en los prerequisitos que se muestran en la Tabla 2.

Para conocer el algoritmo de evaluación como los indicadores de este programa, así como las formas de evaluación de la conformidad se debe ser miembro del International Building Challenge Institute.

**Tabla 2. Prerrequisitos del LBC (ILBI, 2010).**

Número	Área	Prerrequisito
1	Diseño del Sitio	Selección responsable del sitio
2	Diseño del Sitio	Límite de crecimiento
3	Diseño del Sitio	Cambio de hábitat
4	Sitio	Libre de automóvil
5	Agua	Neto agua: CERO
6	Agua	Gestión sustentable del agua
7	Energía	Neto de energía: CERO
8	Calidad del ambiente interior	Medio ambiente civilizado
9	Calidad del ambiente interior	Ventilación
10	Salud	Biofilia <sup>4</sup>
11	Materiales	Materiales de la lista roja <sup>5</sup>
12	Materiales	Huella de carbono
13	Materiales	Industria es responsable
14	Materiales	Suministros apropiados
15	Materiales	Conservación y reutilización de residuos
16	Equidad	Escala humana – lugares humanos
17	Equidad	Democracia y justicia social
18	Equidad	Derecho a la naturaleza
19	Belleza e inspiración	Diseño para el espíritu
20	Belleza e inspiración	Inspiración y educación

### Características de la certificación

El *Living Building Challenge* es difícil de alcanzar, muchos proyectos alrededor del mundo han cumplido en algunos aspectos del estándar, pero ninguno por completo.

Esta certificación no compite con el sistema LEED, sino que es un sistema adicional y con ello busca un beneficio ecológico mayor.

### GBC ESPAÑA – VERDE

La asociación **GBC España** es una organización autónoma afiliada a la asociación internacional [World Green Building Council \(WGBC\) por sus siglas en inglés](#), la cual constituye el Consejo Español. En la actualidad **GBC España** ha sido reconocida como miembro de pleno derecho de esta organización (GBCe, 2010).

Asimismo, trabaja en el marco de la asociación **International Initiative for a Sustainable Built Environment, (iiSBE)**, con sede en Ottawa (Canadá), de la cual constituye la filial en España.

<sup>4</sup> La **biofilia** es la necesidad de los humanos de interactuar con una cierta cantidad de otras especies en favor del propio bienestar y de la salud mental. El término fue creado por Edward O. Wilson. Wilson, biólogo estadounidense nacido en 1929, profesor emérito de la Universidad de Harvard, es también co-autor del concepto de biodiversidad.

<sup>5</sup> La Lista Roja está destinada a identificar y eliminar productos químicos y materiales dañinos a partir de un punto de vista de la salud humana y ecológica. Todos los materiales en la lista roja se encuentran comúnmente en los materiales de construcción y en diferentes etapas de su ciclo de vida de los productos y pueden representar serios riesgos para la salud humana. Fuente: <http://standards.build-laccd.org/projects/dcs/pub/Sustain%20Design%20Standards/released/SDS-079.html>

## ¿Quién lo opera?

Este sistema es operado por la filial en España del *World Green Building Council*(GBCe, 2010).

## Requisitos y/o necesidades del sistema

Esta certificación reconoce la reducción de impacto medioambiental del edificio y se evalúa comparando con un edificio de referencia; éste último es siempre un edificio estándar que cumplió con las exigencias mínimas fijadas por normas y mejores prácticas vigentes en el momento de la certificación.

## Alcance

Los edificios que se pueden certificar son edificios residenciales y de oficinas, tanto en fase de proyecto como obras terminadas. La metodología de evaluación y los niveles de certificación para ambos tipos de edificios son comunes, la única diferencia entre la certificación de proyectos, de obras terminadas y de edificios en uso se establece en los datos que se solicitan durante el proceso de evaluación.

Las áreas de evaluación que cubre esta certificación son: uso de agua y energía, disposición de residuos, localización y materiales.

## Proceso de evaluación / metodología

La metodología VERDE está basada en una aproximación al análisis de ciclo de vida en las etapas del proceso de construcción.

- Etapa de producto
- Transporte de materiales
- Etapa de construcción
- Uso del edificio
- Etapa de fin de vida, rehabilitación o demolición.

El proceso de certificación e incluye los siguientes pasos:

- Registro previo del edificio en GBC España
- Evaluación con el sistema VERDE realizada por un evaluador acreditado. (Paso previo a la solicitud de certificación que debe ser realizado por el promotor o por la persona que lo represente)
- Solicitud de certificación
- Supervisión técnica de la solicitud de certificación y de la evaluación realizada, comunicación de resultados preliminares al solicitante y plazo para la presentación de documentación adicional de mejora
- Propuesta de certificación y toma de decisión
- Emisión de certificados

## Parámetros/criterios para la evaluación de los edificios.(GBCe, 2010a)

Los parámetros considerados para esta certificación son:

- Selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación
- Energía y Atmósfera
- Recursos Naturales
- Calidad del espacio interior
- Calidad del Servicio
- Impacto socio económico

### Cuantificación de criterios/impactos

La aplicación de los coeficientes de ponderación de los diferentes criterios e impactos asigna una puntuación final al edificio comprendida entre un mínimo de 0 y un máximo de 5 puntos.

### Formas de evaluación de la conformidad (certificados)

La evaluación de la conformidad la lleva a cabo un profesional acreditado por el GBC España (GBCe, 2010b).

### Algoritmo(s) de evaluación / indicadores

A cada criterio se le asocia una puntuación de referencia, basada en el rendimiento de un sistema o componente (benchmark). Estos valores se establecen a partir de la revisión de la reglamentación, normas y mejores prácticas.

El valor final de la evaluación se obtiene mediante la ponderación de los impactos reducidos en relación al edificio de referencia cuya definición sigue la metodología.

El peso asignado a cada impacto está relacionado con la importancia de dicho impacto en la situación mundial en aquellos impactos globales y de la situación del entorno en aquellos impactos locales y regionales.

### Tipos de calificación

La GBC España utiliza para la evaluación del impacto ambiental evitado por los edificios a la metodología de evaluación conocida como “VERDE” que establece un total de seis niveles de certificación que permiten reconocer de forma diferenciada los méritos ambientales de cada uno de los proyectos que solicitan la certificación.

La puntuación se establece de 0 a 5 en la forma siguiente:

- 0 valor de referencia que corresponde al cumplimiento normativo, práctica habitual o valor medio.
- 3 valor que define la calificación de buenas prácticas.
- 5 valor que corresponde a la mejor práctica posible con un costo aceptable.

La escala de valores para el sistema verde se muestra en la Figura 1.

**Figura 1. Escala de valores para el sistema VERDE**





Tomado de: <http://www.gbce.es>

### Características de la certificación

En el certificado final emitido por **GBC Espana** se hace referencia expresa al alcance de la certificación y de forma especial si se ha certificado un edificio en fase de proyecto, en fase de obra terminada o si se trata de un edificio en uso.

### Herramientas

Para acceder a las herramientas de cálculo se debe registrar y ser miembro del GBC España.

### **ENERGY STAR**

*Energy Star* es un programa de eficiencia energética creado en 1992, por la Agencia de Protección al Ambiente de Estados Unidos (U.S. Environmental Protection Agency, EPA) que promueve el uso de productos de bajo consumo de energía como parte de sus esfuerzos para lograr ahorro de energía y reducción del gases de efecto invernadero (EPA, 2010).

### ¿Quién lo opera?

El programa *Energy Star* es operado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA por sus siglas en inglés). Esta agencia está enfocada a trabajar por un medio ambiente más limpio y más saludable.

La EPA es responsable de investigar y establecer estándares nacionales para una variedad de programas ambientales. La agencia trabaja a través de sus oficinas principales y regionales con industrias, negocios, organizaciones sin fines de lucro, y gobiernos estatales y locales, en más de 40 programas voluntarios de prevención de contaminación (EPA, 2010a).

Ejemplos de este trabajo incluyen programas de conservación de agua y energía, de reducción de los gases de efecto invernadero, de reutilización de desechos sólidos, y de control de riesgos por pesticidas; para dichos programas la EPA, ofrece a cambio incentivos como: reconocimiento público y acceso a la información que surge de los programas.

### **Antecedentes del sistema (EPA, 2010b)**

A principios de 1990 la EPA decidió comenzar el combate al problema del cambio climático a través de programas voluntarios, públicos o privados, direccionalos a la protección del ambiente.

Para llevar adelante estos propósitos EPA crea el programa *Energy Star*, el cual es un programa voluntario de etiquetado de equipos y sistemas que reconoce el mejor desempeño energético de los mismos sin sacrificar calidad, funcionalidad y sin aumentar el precio de venta.

En 1991 con el programa “Green Lights”, la EPA promovió el uso eficiente en los sistemas de iluminación en edificios comerciales con gran éxito ya que dieron cuenta que una iluminación eficiente en los edificios comerciales reducía significativamente las emisiones por el uso de energía provenientes de dichos edificios.

Con la reducción de contaminantes que implicó el programa “Green Lights”, la EPA fue más allá de los sistemas de iluminación, para obtener mayores ahorros, buscando la eficiencia energética en todo el edificio.

Para ello realizaron simulaciones del desempeño de los edificios y se demostró que se podría reducir hasta en un 30% el consumo de energía, a través de mejoras en la eficiencia energética.

Para probar la hipótesis resultante de las simulaciones, se seleccionaron algunos edificios y se realizaron mediciones durante un año.

Los resultados del estudio mostraron que a pesar de utilizar el mismo método en todos los edificios, en algunos se obtenían ahorros de hasta el 50% y en otros tan sólo del 12%. Ante la variabilidad de los resultados, no se pudo llegar a una conclusión, por lo que fue necesario realizar un método de comparación del desempeño de los edificios. De esta manera el programa “Green Lights” se convirtió en el programa *Energy Star* para edificios.

### **Requisitos y/o necesidades del sistema**

*Energy Star* evalúa el desempeño de los edificios, comparando en términos del consumo de energía y de su fuente de generación y transmisión; siendo ésta una manera equitativa de comparación de propiedades cuando se utilizan diferentes tipos de combustibles para la generación.

Para funcionar, el sistema *Energy Star* para edificios requiere de una base de datos de edificios de referencia que integra y publica el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE por sus siglas en inglés) cada cuatro años a partir de encuestas de consumo de energía en los edificios considerados.

### **Base de datos del sistema (Benchmark)**

Las encuestas de consumo de energía que sirven de referencia comparativa, recogen información sobre edificios comerciales de los Estados Unidos, sus características de construcción, su consumo de energía y sus costos. Los edificios comerciales incluyen todos los edificios que se utilizan en al menos la mitad de la superficie útil para un fin que no sea residencial, industrial o agrícola, por lo que incluyen la construcción de tipos que, tradicionalmente, no se podría considerar “comercial”, como escuelas, instituciones, correccionales e iglesias (DOE, 2010).

Las primeras encuestas se realizaron por primera vez en 1979, la octava encuesta y más reciente se llevó a cabo en 2003 (Ver ANEXO A). La base de datos resultante de dichas encuestas, comprende actualmente 4,859 edificios.<sup>6</sup>

### **Alcance**

Los tipos de edificios que evalúa y certifica el programa *Energy Star* son los que sirven para los siguientes propósitos (EPA, 2010c):

- Bancos o instituciones financieras
- Juzgados
- Centros de datos
- Hospitales
- Hoteles
- Iglesias, Templos
- Escuelas
- Consultorios médicos
- Oficinas
- Casas habitación
- Tiendas
- Supermercados
- Almacenes (de alimentos, refrigerados y no refrigerados)
- Plantas de tratamiento de agua.

Para que un edificio pueda ser considerado en la evaluación de este programa, requiere que el 50% o más de su construcción sea utilizado para alguno de los propósitos principales establecidos arriba. Además, para llevar a cabo dicha evaluación demanda que los edificios ya estén construidos y se encuentren operando.

Asimismo, *Energy Star* permite conocer el uso del agua en las instalaciones, aunque todavía no cuenta con un indicador de utilización de agua por ocupante. Cabe señalar que el uso del agua no afecta la evaluación que se hace para eficiencia energética dentro de la edificación.

### **Proceso de evaluación / metodología**

- El proceso de evaluación del programa *Energy Star* incluye los siguientes pasos (EPA, 2010d):
  - Se parte de un conjunto de datos representativos que integra y elabora el DOE y que conforman la base de la mayoría de los modelos de evaluación.
  - Se establece un edificio de referencia para una comparación por pares con los edificios que coincidan en tipo de uso. Por ejemplo, se comparan edificios comerciales con características similares en tamaño de la construcción, horas de operación, número de ocupantes y tipo de clima.
  - Se requiere que el edificio a analizar se encuentre operando al menos 30 horas por semana.

---

<sup>6</sup>Fuente del dato: <http://www.eia.doe.gov/emeu/cbeccs/contents.html>

- El desempeño energético de los edificios se compara en términos de la fuente de energía, que incluye el consumo de energía que se consume en el edificio, así como las pérdidas en generación y transmisión.
- Se realiza un análisis de regresión estadística basado en el conjunto de datos de referencia como constantes y como variables los datos del edificio a evaluar, para identificar puntos claves en el consumo de energía. El análisis se elabora para cada tipo de edificio, los datos que requieren del edificio incluyen: clima, horas de operación, número de trabajadores, metros cuadrados de construcción, entre otros.
- Se crea una tabla y la clasificación se basa en la evaluación del consumo de energía real por metro cuadrado de construcción y el propuesto para ese tipo de edificio.

### Parámetros/criterios para la evaluación de los edificios

Para el año de 1999 se tenía ya el método con comparaciones de desempeño y tres instrumentos para apoyar a los participantes del programa en su esfuerzo para reducir las emisiones de gases efecto invernadero:

- A. “Portfolio Manager”: software que permite tener mediciones, rastrear y comparar el uso de la energía en todos los edificios registrados en el mismo (EPA, 2010e).
- B. Escala de desempeño energético, que asigna una puntuación que va del 1 -100.
- C. La Etiqueta *Energy Star*, que es el reconocimiento de la EPA para edificios que obtuvieron una puntuación de 75 o mayor respecto de edificios similares.

Para que la herramienta proporcione una evaluación precisa y equitativa de la eficiencia energética de un edificio, se deben cumplir los siguientes criterios (EPA, 2010d):

- **Evaluación del desempeño energético de todo el edificio.** Se examinan los consumos del edificio completo en vez de examinar cada uno de los equipos utilizados dentro del edificio.
- **Reflejar los datos de facturación de energía reales.** La evaluación debe reflejar el consumo real de energía que se factura en un edificio. No se debe basar en simulaciones o predicciones del uso de la energía, las simulaciones generalmente no reflejan el impacto de la operación y mantenimiento del edificio.
- **Normalizar la operación.** La evaluación no puede incluir un sesgo respecto de las limitaciones de operación del edificio. La evaluación debe normalizar las características operativas que definen las características de la construcción. Estas características pueden incluir las horas de operación o el número de ocupantes.
- **Proporcionar un grupo de comparación por pares.** Para proporcionar un punto de referencia útil, la clasificación debe proporcionar una comparación significativa de los pares de edificios. Un par de edificios se define por edificios que tienen la misma función principal. Para lograr este objetivo, la evaluación debe basarse en el análisis del grupo de datos, que reflejen la distribución del uso de la energía en cada tipo de edificio.

### Cuantificación de criterios / impactos

Para establecer si un edificio merece la certificación de *Energy Star* la evaluación de los edificios se fundamenta en una escala que va de 1 a 100 puntos. Una puntuación de 50 indica que el uso de la energía es promedio respecto de edificios similares, por lo que el edificio en análisis no debe tener el

sello *Energy Star*. Ahora bien, una puntuación de 75 o más indica un buen uso de la energía y el edificio es candidato para recibir la etiqueta *Energy Star* (EPA, 2010c).

### Formas de evaluación de la conformidad

Para evaluar la conformidad, un ingeniero verificador validado por la EPA (ver ANEXO H) visita al edificio, y manejando un listado de datos (ver ANEXO C) verifica que (*Energy Star*, 2010a):

- Todos los usos que se le dan a la energía se cuantificaron de manera precisa
- Se reportaron apropiadamente las características del edificio
- El edificio es completamente funcional de acuerdo a los estándares
- Los criterios correspondientes al ambiente interior se hayan cumplido

Para dar el visto bueno, el ingeniero verificador lleva a cabo los siguientes pasos (EPA, 2010g):

- Confirmar las características físicas del sitio.
- Confirmar que la información sobre el sitio y la operación es precisa.
- Revisar los datos de energía y otros relacionados son correctos.
- Verificar la reducción de intensidad energética.
- Verificar las emisiones evitadas de gases de efecto invernadero, si es que éstas han sido reportadas,
- Sellar y firmar el Certificado de Mejora Energética.

EPA es la encargada de emitir los certificados y se basa en los resultados del índice de eficiencia calculado y el listado de verificación de datos que entrega el ingeniero verificador.

### Algoritmo(s) de evaluación / Indicadores

El principal indicador manejado en *Energy Star* es la cantidad de energía utilizada entre los metros cuadrados construidos (Energía/m<sup>2</sup>).

El algoritmo utilizado es una regresión múltiple, establecida en un programa de computadora denominado "Portfolio Manager" y que sigue los siguientes pasos (*Energy Star*, 2010b):

- El usuario introduce los datos.
- El programa calcula la intensidad del uso de la fuente real de energía.
- El programa calcula la Intensidad Energética de la fuente energética predicha.
- El programa calcula el índice de eficiencia energética.
- El programa busca el índice de eficiencia en la tabla para búsqueda de resultados.

### Tipos de calificación

El Sello *Energy Star* no maneja calificaciones sino solamente si cumple o no los requisitos de programa (*Energy Star*, 2010c).

### Características de la certificación

La certificación es válida por un periodo de doce meses a partir de la fecha de entrega.

La certificación obtenida debe contener el tipo de edificación que obtuvo la validación de eficiencia energética, el año de construcción, la cantidad de metros cuadrados construidos, el número de

trabajadores, las horas de operación por semana y un resumen de los consumos de energía (Figura 2).

**Figura 2. Ejemplo del certificado de Eficiencia Energética que se obtiene con el programa Energy Star**

		STATEMENT OF ENERGY PERFORMANCE Medical House		OMB No. 2060-0347
		Building ID: 1165402		
		For 12-month Period Ending: September 30, 2006 <sup>1</sup>		
		Date SEP becomes Ineligible: January 28, 2007		
			Date SEP Generated: October 04, 2006	
<b>Facility</b> Medical House 2000 Wilson Blvd. Arlington VA 22201	<b>Facility Owner</b> The Arlington Management Group 2801 Clarendon Blvd. Suite 500 Arlington VA 22201 703-292-5819	<b>Primary Contact for this Facility</b> John Gorley 2801 Clarendon Blvd. Arlington VA 22222 703-292-5819 amli_glasberg@sra.com		
Year Built: 2000	Gross Building Area (ft <sup>2</sup> ): 30,000			
Energy Performance Rating <sup>2</sup> (1-100) 100				
<b>Facility Space Use Summary</b>				
<b>Space Type</b> Medical Office	<b>Area(ft<sup>2</sup>)</b> 30,000	<b>Number of Workers</b> 350	<b>Operating hours/week</b> 100	<b>Cooling Percent</b> 100
				<b>Heating Percent</b> 80

Fuente: Tomado de: <http://www.energystar.gov>

## Herramientas

La herramienta es el “Portfolio Manager”, cuyo funcionamiento se detalla en el anexo A de este documento.

## Análisis de los sistemas descritos

Para llevar a cabo la comparación se identifica un conjunto de factores de cada sistema: alcance, requisitos, documentación y presentación de resultados; al final se ponderan respecto a los siguientes parámetros

1. Facilidad de uso: que sea una herramienta sencilla que pueda ser utilizada por administradores de edificios.
2. Aplicable a edificios existentes.
3. Que refleje el impacto de acciones de mitigación de emisiones de gases de efecto invernadero.
4. Que sea aplicable en México en un número amplio de edificaciones.

Analizando el alcance de los cuatro sistemas en la Tabla 3, todos cumplen con el criterio de que sea *aplicable a edificios existentes y en operación*.

**Tabla 3. Alcance de los sistemas.**

SISTEMA	TIPO DE EDIFICIOS	ELEMENTOS QUE EVALÚA	CONDICIÓN DEL EDIFICIO	CRITERIOS			
				1	2	3	4
<i>Energy Star</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Casas habitación</li> <li>• Edificios comerciales nuevos y existentes</li> <li>• Almacenes (de alimentos, refrigerados y no refrigerados)</li> </ul>	Energía y agua	En operación	NA	SI	NA	NA

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantas de tratamiento de agua.</li> </ul>						
LEED	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edificios comerciales nuevos y existentes</li> <li>• Institucionales, y</li> <li>• Residenciales</li> </ul>	Energía, agua, residuos, áreas verdes, localidad, ambiente interior	Diseño, Construcción, Operación y Remodelación	NA	SI	NA	NA
LBC	De todotipo	Energía, agua, residuos, áreas verdes, localidad, ambiente interior y belleza e inspiración para los ocupantes	Diseño, Construcción, Operación	NA	SI	NA	NA
GBC-España	✓ Residencial y Oficinas		Diseño, Construcción, Operación	NA	SI	NA	NA

Fuente: Elaboración propia con datos de USGBC (2010a), USGBC (2009), USGBC (2010b), GBCe, (2010a) y *Energy Star* (2010a).

Con respecto a los datos requeridos por cada sistema, resalta la necesidad de tener datos sobre la localización del edificio para los sistemas LEED, LBC y GBCe lo cual se percibe como un inconveniente para su aplicación en el país (Tabla 4).

Se hace notar que la base de referencia para comparar información sobre intensidad de consumo de energía para todos los sistemas es, fundamentalmente, el sistema de *Energy Star*.

**Tabla 4. Datos que requieren sistemas de certificación de edificios**

SISTEMA	CONSUMOS DE ENERGÍA Y/O AGUA	DATOS DE OPERACIÓN	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL EDIFICIO	CARACTERÍSTICAS DE LA LOCALIZACIÓN	CRITERIOS			
					1	2	3	4
<i>Energy Star</i>	Sí	Sí, solicita datos de facturación	Sí	NO	SI	NA	SI	SI
LEED	Sí, ya que esta evaluación la hace con el programa <i>Energy Star</i>	Sí	Sí	Sí	SI	NA	SI	NO
LBC	Sí (1)	Sí	Sí	Sí	SI	NA	SI	NO
GBC-España	Sí	Sí	Si	Si	SI	NA	SI	SI

(1) Aunque requiere de que el 100% energía provenga de fuentes renovables. Para el agua propone la recuperación de aguas pluviales y el tratamiento en situ.

Fuente: Elaboración propia con datos de [3], USGBC (2009), USGBC, (2010b), GBCe (2010a) y *Energy Star* (2010a)

Los requisitos de cada sistema se muestran en la Tabla 5, donde se muestra que la única diferencia entre los cuatro sistemas es que la evaluación de la conformidad del LEED, LBC y GBCe deben ser llevadas a cabo por profesionistas acreditados por esas mismas organizaciones, mientras que para *Energy Star* se solicita una acreditación menos restrictiva.

**Tabla 5. Requisitos desistemas de certificación de edificios**

SISTEMA	BASES DE DATOS	PROFESIONISTAS ACREDITADOS PARA EVALUACIÓN DE LA CONFORMIDAD	HERRAMIENTAS EN INTERNET	NORMAS TÉCNICAS	1	2	3	4
<i>Energy Star</i>	Sí (1)	Ingeniero Profesional	Sí	No	SI	NA	SI	SI

LEED	Sí (1)	Profesional que posea la credencial LEED correspondiente al tipo de edificio que deseé verificar	Sí	Sí	SI	NA	SI	NO
LBC	Sí (1)	Gerente de certificación	Disponible en línea para miembros del International Living Building Institute	No especifica	SI	NA	SI	NO
GBC-España	Sí (2)	Evaluador acreditado	VERDE Disponible en línea para miembros del GBC-España	Sí	SI	NA	SI	NO

(1) Se requiere *Energy Star* para procesamiento

(2) Se basa en LEED y éste requiere de *Energy Star* para procesamiento de estos datos

Fuente: Elaboración propia con datos de USGBC (2010a), USGBC (2009), USGBC (2010b), GBCe, (2010a) y *Energy Star*, (2010a)

La comparación de la documentación y el procesamiento de cada sistema (Tabla 6) señalan que *Energy Star* es el sistema que requiere de una descripción más sencilla del edificio (básicamente datos de área, de ocupación y de demanda y consumo energéticos).

**Tabla 6. Documentación/ procesamiento requeridos en sistemas de certificación de edificios**

SISTEMA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL EDIFICIO	CUMPLIMIENTO DE NORMAS	SIMULACIONES	1	2	3	4
<i>Energy Star</i>	Sencillo	No aplica	No aplica	SI	SI	NA	SI
LEED	Complejo	Mediana dificultad para documentación	De mediana dificultad para documentación. De alta dificultad para procesamiento	NO	SI	NA	SI
LBC	Complejo	No aplica	No especifica	NO	SI	NA	SI
GBC-España	Complejo	Mediana dificultad para documentación	No especifica	NO	SI	NA	SI

Fuente: Elaboración propia con datos de USGBC (2009), USGBC (2010b), GBCe (2010a) y *Energy Star* (2010a)

Los resultados de todos los sistemas analizados son muy parecidos, pero resalta el método para definir los impactos en emisiones de CO<sub>2</sub>, que para todos los sistemas es, fundamentalmente, el sistema *Energy Star* (Tabla 7).

**Tabla 7. Presentación de resultados de sistemas de certificación de edificios**

SISTEMA	CALIFICACIÓN	REDUCCIÓN DE CONSUMO/EMISIONES	1	2	3	4
<i>Energy Star</i>	Certificado de Eficiencia Energética	Debe reportarse	NA	SI	SI	SI
LEED	Certificado con distinción por niveles de puntuación	Debe reportarse, ya que esta evaluación proviene de <i>Energy Star</i>	NA	SI	SI	SI
LBC	Certificado	Debe reportarse, ya que esta evaluación proviene de LEED y por ende de <i>Energy Star</i>	NA	SI	SI	SI

GBC-España	Certificado con distinción por niveles de puntuación	No especifica	NA	SI	SI	SI
------------	--	---------------	----	----	----	----

Fuente: Elaboración propia con datos de USGBC (2010a), USGBC (2009), USGBC (2010b), GBCe (2010a) y *Energy Star* (2010a)

**Del análisis anterior se recomienda ir adelante con el trabajo de asimilación y/o adaptación del sistema *Energy Star* por las siguientes razones:**

- La metodología de *Energy Star* permite la comparación de consumos de energía. Lo cual permitiría estimar emisiones de gas de efecto invernadero.
- Es el sistema que requiere de la descripción más sencilla del edificio (básicamente datos de área, de ocupación y de demanda y consumo energéticos) y no requiere (a diferencia de los otros sistemas) de datos sobre aspectos relativos a las condiciones de la localización de los edificios.
- Para los sistemas LEED, LBC y GBCe, la evaluación tiene que ser llevada a cabo por profesionistas acreditados por esas organizaciones, mientras que para *Energy Star* se requiere una acreditación menos restrictiva.

## APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL SISTEMA ENERGY STAR PARA MÉXICO

Como se refirió anteriormente, el sistema de evaluación de edificios de *Energy Star* evalúa el desempeño de los edificios a partir de una base de datos de edificios de referencia o línea base de consumo energético de las edificaciones representativas de una actividad que se desarrolle en el inmueble.

A continuación se hace un breve resumen de los pasos que se siguen en *Energy Star* y se describen las consideraciones y pasos que se ha hecho para su aplicación en México

### LA BASE DE DATOS DE REFERENCIA

EPA requiere que el sistema se apoye en un conjunto estadísticamente robusto de datos por lo que la muestra debe ser una muestra representativa de los edificios en el país y debe reunir y verificar datos reales de energía al nivel del edificio y debe incluir información sobre aspectos operacionales clave (*Energy Star*, 2010d).

#### *Energy Star*

Para el caso de Estados Unidos, la base que se utiliza es la que integra y publica el Department of Energy (DOE) a partir de encuestas de consumo de energía en un amplio conjunto de edificios. Estas encuestas recogen información sobre edificios comerciales de los Estados Unidos, sus características de construcción, su consumo de energía y sus costos. La base de datos resultante de dichas encuestas, comprende actualmente 4,859 edificios (DOE, 2010).

#### México

En México no existen bases de datos de edificios comerciales similares a la información que maneja el sistema *Energy Star*. Estas dificultades han sido reportadas en algunos estudios sobre este sector en México (CCA, 2008)(de Buen, 2008).

La única base de datos que puede ser utilizada para el análisis es la de la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía (CONUEE, antes CONAE), que la integra como parte de los programas orientados al uso eficiente de la energía en inmuebles ocupados por dependencias y entidades de la Administración Pública Federal. Esta información ha sido recopilada por más de 10 años y parte de los trabajos realizados en la CONUEE desde la segunda mitad de los años noventa (CONAE, 1999)

La información requerida por el programa incluye la energía consumida y el área ocupada, de manera que se puede establecer un índice de intensidad energética que sirve como parámetro para determinar si se requieren llevar a cabo ciertas acciones definidas por el programa (CONAE, 2001). En este sentido, para finales de 2009, se tenían registrados 1,782 edificaciones de distintos tipos en 671 inmuebles, con un área total construida cercana a los 6 millones de metros cuadrados y un consumo total de 473 GWh (CONUEE, 2010).

Sin embargo, la base de datos de la CONUEE no incluye la mayoría de los parámetros que maneja el sistema *Energy Star* por lo que el sistema que se puede desarrollar para México no puede, por lo pronto, ser integrado a ese sistema.

### Normalización de parámetros(*Energy Star, 2010d*)

Para normalizar las diferencias en la construcción de la operación, la EPA realiza una regresión estadística para identificar los principales impulsores del uso de energía. Esta sección describe las técnicas estadísticas básicas empleadas.

### ASPECTOS DEL ANÁLISIS DE REGRESIÓN

El análisis primario se basa en una regresión ponderada de mínimos cuadrados. Esta forma básica de la regresión permite el análisis de una variable dependiente (es decir, la intensidad de uso de energía), sujeta a varias características independientes (como la operación y el clima). Esta regresión lineal dará una ecuación de la forma:

$$\text{Intensidad energética estimada} = C_0 + C_1 * \text{Caracteristica1} + C_2 * \text{Caracteristica2} + \dots$$

La intensidad de uso de energía es la variable dependiente.  $C_0$  representa una constante, con los otros valores  $C$  que representan los coeficientes de la ecuación. Cada coeficiente es un número que representa la correlación entre las características de operación que describe y la intensidad de uso de energía del edificio.

Por ejemplo, si la *Caracteristica1* representa superficie bruta, entonces el valor de  $C_1$  representa la correlación estadística entre el área de construcción del piso y la intensidad de uso de energía. Esta correlación se aproxima a la relación media entre el área y la intensidad de uso de energía, ajustando al mismo tiempo para todas las demás características en la ecuación.

Para cada tipo de espacio con una calificación de eficiencia energética, la EPA realiza una serie completa de las regresiones lineales de los datos en la base de datos para examinar todas las características de funcionamiento que cumplen los criterios para su inclusión como variables independientes. EPA evalúa estas ecuaciones utilizando múltiples pruebas estadísticas incluyendo gráficos residuales, modelo R y los niveles de importancia de los coeficientes individuales. En última instancia, la mejor ecuación para cada tipo de edificio es seleccionado. Las regresiones se realizaron con ponderaciones de encuesta por muestreo. Las ponderaciones se utilizan para explicar el diseño de la encuesta de muestreo; las ponderaciones se incorporan al asegurar que la muestra refleja con exactitud la población nacional de edificios comerciales.

La ecuación final debe incluir los ajustes por las características de funcionamiento que cumplen con los estándares de la EPA para su inclusión en el análisis y que se encuentra que tienen las correlaciones estadísticamente significativas con el uso de energía. Para un edificio específico, cada característica se introduce en la ecuación, y multiplicado por los coeficientes respectivos para dar como resultado la intensidad de uso de energía. Este valor representa la cantidad de energía que se predice la construcción utiliza, en base a sus características de funcionamiento.

### FILTROS DE DATOS

Uno de los primeros pasos en el análisis de regresión es la aplicación de filtros de datos a la información sobre edificios. Los filtros se aplican para definir el grupo de edificios pares para la comparación de calificación y superar las limitaciones técnicas en los datos. A continuación se describen los filtros para el caso de la información manejada por *Energy Star*, así como para el caso de México

### ***Energy Star.***

La EPA aplica alguno o todos de los siguientes cuatro filtros:

- a. **Tipo de edificio.** En primer lugar, se aplica un filtro para seleccionar sólo los edificios con la misma operación básica (por ejemplo, la oficina) para el análisis.
- b. **Filtros de Programa de EPA.** En segundo lugar, algunos filtros básicos del programa se aplican para definir al grupo de edificios pares para la evaluación. Por ejemplo, la EPA requiere que los edificios deben operar al menos 30 horas a la semana. Este filtro básico es un umbral para la operación a tiempo completo y es un requisito para la obtención de una calificación y la aplicación de la etiqueta *Energy Star*
- c. **Filtros para limitar datos.** En tercer lugar, puede ser necesario aplicar uno o más filtros para los datos debido a las limitaciones en la manera en que se informó. Por ejemplo, en los datos de la base de datos de edificios, no se informa de la cantidad de agua refrigerada que se consume. Por lo tanto, los edificios con un consumo de agua helada se excluyen, porque el requerimiento térmico asociado con el agua fría no se puede evaluar.
- d. **Filtro analítico.** Por último, una vez que comienza el análisis de regresión, pueden ser necesarios filtros de análisis adicionales para eliminar los puntos de datos atípicos. En este caso, algunos puntos atípicos puede tener un comportamiento diferente que no se puede evaluar con precisión con el resto de los datos. Por ejemplo, en el análisis de los edificios de oficinas EPA encontró que los edificios de oficinas pequeñas (es decir, menos de 5.000 m<sup>2</sup>) no se comportan del mismo modo que los edificios de oficinas más grandes, y por lo tanto, la EPA excluye a estos edificios del conjunto de datos.

### **México**

Dado que la base de datos de 1,782 edificaciones se desagrega solamente en 671 inmuebles, el número considerado fue este último. De este conjunto sólo 502 pasaron los filtros utilizados por *Energy Star* que se mencionan a continuación:

- El edificio debe tener el mismo uso (en este caso oficinas).
- El edificio debe operar por lo menos durante 30 horas por semana y 10 meses al año.
- Que el edificio sea menor a 100,000 metros cuadrados<sup>7</sup>
- Que tenga una computadora por persona.

---

<sup>7</sup> Para la utilización de éste filtro se verificó que la muestra usada en el país refiriera que más del 95% de los datos estuvieran en el rango de 0 a 100,000 metros cuadrados.

## LA VARIABLE DEPENDIENTE

La variable dependiente es la principal unidad de análisis. Es el término que aparece en el lado izquierdo de las ecuaciones de regresión.

### *Energy Star.*

La variable dependiente que trabaja el sistema *Energy Star* es la intensidad de uso de energía por metro cuadrado de superficie construida. Esto es igual al consumo total de energía dividido por la superficie total construida.

### México

Para este caso, se hizo tanto el análisis con la variable independiente descrita por el sistema *Energy Star* como con una variable dependiente adicional: el consumo total de energía, esto es, sin dividirlo entre la superficie construida.

## LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes son las que aparecen en el lado derecho de la ecuación de regresión y se utilizan para explicar la variable dependiente, en este caso la intensidad en el uso de energía. Las variables independientes son seleccionadas y analizadas con el fin de cumplir con los criterios de normalización para la operación del edificio.

### *Energy Star.*

Con base en un análisis estadístico, la EPA definió seis características como claves, esto es las variables explicativas que se pueden utilizar para llegar a la media esperada de la variable dependiente en oficinas:

- Superficie construida
- Número de computadoras personales por cada 100 metros cuadrados<sup>8</sup>
- Horas de operación semanales
- Número de empleados por cada 100 metros cuadrados
- Grados día de calefacción (HDD por sus siglas en inglés) por el porcentaje de calefacción utilizado
- Grados día de refrigeración (CDD por sus siglas en inglés) por el porcentaje de enfriamiento utilizado.

### México

Para el caso que nos ocupa, el análisis se realizó con las variables independientes establecidas como claves por *Energy Star*.

---

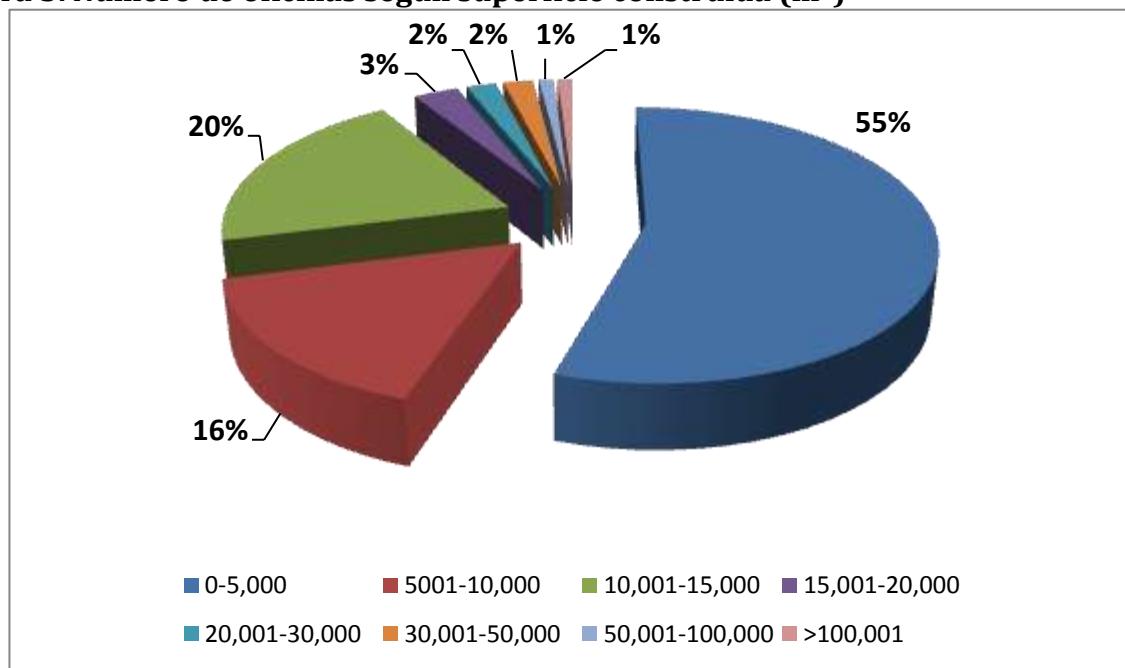
<sup>8</sup> La base de datos no contenía información referente a número de computadoras, por lo que se utilizó el indicador de 13 computadoras personales por cada 100 empleados de Gil-García *et al.* (2008).

Los datos de grados día de calefacción y refrigeración se obtuvieron de la base de datos que maneja la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en Edificación (AEAEE) (AEAEE, 2006).

Se hizo un análisis básico de cada una de las variables descritas para los 502 datos de oficina en acuerdo a tres modelos:

- Usando el consumo de energía como variable dependiente,
- Usando el consumo de energía dividido por la superficie construida como variable dependiente, y
- Usando el consumo de energía dividido por la superficie construida como variable dependiente pero con las transformaciones de las variables independientes que sugiere *Energy Star*.

De manera general se obtuvo que de las 502 oficinas, el 91% de ellas tienen una superficie construida menor a 15,000 metros cuadrados (Figura 3).

**Figura 3. Número de oficinas según superficie construida (m<sup>2</sup>)**

Fuente: Elaboración propia

Analizando mediante regresiones lineales, el consumo de energía eléctrica como variable dependiente y revisando con cada una de las variables independientes, se obtuvieron los resultados que se describen a continuación (Ver Memoria de Cálculo en ANEXO H).

## CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

### Consumo de energía eléctrica vs superficie construida

La regresión lineal considerando consumo de energía eléctrica como variable dependiente y superficie construida como variable independiente, muestra que tienen un coeficiente de correlación de 0.79 que indica una asociación positiva fuerte<sup>9</sup> entre dichas variables.

En seguida se obtuvo el coeficiente de determinación, que ofrece la proporción de la variación total en la variable dependiente que se explica por la variación en la variable independiente. Para este caso particular el coeficiente de determinación fue de 0.6251 y como este coeficiente es una proporción o un porcentaje, es posible decir que el 62.5% de la variación en el consumo de energía eléctrica se puede explicar por la variación en la superficie construida.

Un coeficiente de determinación como el obtenido (0.62) nos muestra entonces que un aumento o disminución del área construida causa un cambio en el consumo de energía eléctrica.

<sup>9</sup> El coeficiente de correlación describe la fuerza de relación entre dos conjuntos de variables. Se designa con la letra "r" y puede adoptar valores de -1.00 a 1.00. Un coeficiente fuerte, considerado "una correlación perfecta" sería -1.00 o bien 1.00, el signo ofrece el sentido lineal: positivo o negativo. Si las variables no tienen relación alguna la "r" sería cero, por lo tanto un coeficiente cercano a cero indica que la relación lineal es muy débil y un valor cercano a -1.00 o a 1.00 es que tiene una relación lineal fuerte.

### Consumo de energía eléctrica vs número de empleados

Debido a que la base de datos de la CONUEE no tiene información referente a número de empleados ni al de computadoras, se aplicó un indicador de 0.92 personas por cada 15 m<sup>2</sup> (Escobedo, 2005). Sin embargo, debido a que las variables número de empleados y superficie construida tienen un coeficiente de correlación perfecto (de 1) con el área ocupada, el análisis de correlación y de coeficiente de determinación expresan lo mismo que en el análisis de superficie construida.

### Consumo de energía eléctrica vs número de computadoras personales

Al igual que para la variable anterior, no se cuenta con información referente a número de computadoras, por lo que se empleó el indicador de 13 computadoras personales por cada 100 empleados (Gil García *et al.*, 2008). Dado que, como se anota arriba, éste último valor se obtuvo en función de la superficie construida, las variables número de computadoras y superficie construida tiene un coeficiente de correlación perfecto, y de ello el análisis de correlación y del coeficiente de determinación resultan igual al análisis de superficie construida.

### Consumo de energía eléctrica vs horas de operación a la semana

La regresión lineal considerando consumo de energía eléctrica como variable dependiente y horas de operación por semana, como variable independiente, muestra que tienen un coeficiente de correlación de 0.11 que indica una asociación positiva pero muy débil entre dichas variables.

El coeficiente de determinación obtenido fue de 0.012; esto quiere decir que el 1.2% de la variación en el consumo de energía eléctrica se puede reflejar por la variación en el número de horas de operación del edificio a la semana.

### Consumo de energía eléctrica vs Grados día de refrigeración (CDD por sus siglas en inglés) multiplicada por el porcentaje de enfriamiento

La regresión lineal considerando consumo de energía eléctrica como variable dependiente y Grados Día de Refrigeración multiplicada por el porcentaje de enfriamiento como variable independiente, muestra que tienen un coeficiente de correlación de 0.155 que indica una asociación positiva muy débil entre dichas variables.

El coeficiente de determinación que resultó fue de 0.002, esto es, el 0.2% de la variación en el consumo de energía eléctrica puede explicarse por la variación de los grados día de refrigeración y el porcentaje de enfriamiento

Se hace notar que los resultados expresan que los edificios de oficina en el país, particularmente los que se encuentran ubicados en el Distrito Federal usan el aire acondicionado por la temperatura que el edificio tiene en el interior (y que se debe al tipo de construcción que tiene) y que se relaciona poco, con la temperatura exterior.

Cabe señalar que, analizando mediante regresiones lineales el indicador: consumo de energía eléctrica entre superficie construida (kWh/m<sup>2</sup>) como variable dependiente y revisando con cada una de las variables independientes, resultó que con ninguna de las variables estudiadas se tenía un coeficiente de determinación mayor al 0.1%.

Igualmente, tomando la intensidad de uso de energía (kWh/m<sup>2</sup>) como variable dependiente y transformando cada una de las variables independientes como lo sugiere *Energy Star*, tampoco se

obtuvo mayor correlación ni determinación en las variables que las obtenidas con “consumo de energía” como variable dependiente.<sup>10</sup>

### CONCLUSIONES AL ANÁLISIS DE VARIABLES INDEPENDIENTES APLICADAS POR ENERGY STAR.

Del análisis de las variables dependientes e independientes para el desarrollo de una metodología de certificación de la sustentabilidad energética y de reducción de emisiones como la aplicada por *Energy Star* para edificios no residencial en México, se obtuvieron como conclusiones los siguientes puntos:

- Los coeficientes de correlación y determinación tomando como variable dependiente solamente “consumo de energía” son más fuertes y significantes que los expresados por el indicador kWh/m<sup>2</sup>
- Se decidió no utilizar las variables independientes “Número de empleados” y “Número de computadoras personales” por no contar con la información en la base de datos y tomando en cuenta que haciendo el análisis mediante indicadores basados en otra variable independiente “Superficie construida” no aportaban mayor relevancia que ésta última en el análisis.
- Las sugerencias de transformación de variables para darles mayor relación y significancia ofrecidas por *Energy Star* no surten el mismo efecto en las variables trabajadas en la base de datos disponible en México, esto es: no es necesario aplicar la transformación de logaritmo natural en las variables “Superficie construida” ni en “Horas operación a la semana” ya que ofrece resultados parecidos o menores a las variables sin transformación.

La regresión final es una regresión de mínimos cuadrados ordinarios ponderados por los datos filtrados a un conjunto de 502 observaciones. La variable dependiente es el consumo de energía. Cada variable independiente se centra en relación con el valor medio y se presenta en la Tabla 8. El modelo final se presenta en la Tabla 9. Casi todas las variables del modelo son significativas a un nivel de confianza del 95%, como lo demuestran los niveles de significancia<sup>11</sup>.

El modelo tiene una R<sup>2</sup> con valor de 0.6566 lo que indica que este modelo explica el 65.7% de la varianza en el consumo de energía en los edificios tipo oficinas. Este es un resultado muy bueno para un modelo energético basado en modelos estadísticos.

**Tabla 8. Estadísticas descriptivas de las variables utilizadas en el modelo de regresión final**

Variable	Descripción	Media	Mínimo	Máximo
Consumo	Consumo de energía en kWh facturado	550,469	12	9,707,000
Superficie	Metros cuadrados de superficie construida	6,915	1,000	93,200
Grados días de Refrigeración	Número de días con una temperatura mayor a los 18°C en una localidad <sup>12</sup> durante un año	70	6,044	0

<sup>10</sup> Estadísticamente las variables tanto la dependiente como las independientes pueden ser transformadas para lograr una mayor correlación entre ellas y un coeficiente de determinación que ofrezca una explicación más clara de su significancia entre ellas.

<sup>11</sup> Un nivel de significancia “p” menor de 0.05 indica un nivel de confianza del 95%)

<sup>12</sup> (2010) Energía, Tecnología y Educación S.C. “Zonas Térmicas para la Aplicación de la NMX-C-460-ONNCEE-2009” AEAECC.

	multiplicado por el porcentaje de enfriamiento utilizado en el edificio			
<b>HorasOper</b>	Horas de operación semanales	40.65	60	30

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9. Resultados finales del modelo de regresión**

<b>Variable dependiente</b>	Consumo de energía facturado (kWh)			
<b>Número de observaciones en el análisis</b>	502			
<b>Valor de R<sup>2</sup> del modelo</b>	0.6566			
<b>Modelo F</b>	319.61			
<b>Importancia del modelo (p-nivel)</b>	0.0000			
Variable	Coeficientes	Error Estándar	Valor t	Importancia (p-nivel)
<b>Constante</b>	-588,517	152,562	-3.86	0.0000
<b>Superficie</b>	82.4	2.74	30.06	0.0000
<b>GradosdíaRef</b>	86.4	13.6	6.37	0.0000
<b>HorasOper</b>	8908.7	3,642.7	2.45	0.015

Fuente: Elaboración propia

## METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO PARA UN EDIFICIO HABILITADO COMO OFICINA

En esta sección presentamos el análisis de regresión aplicado a espacios utilizados para oficina general. Se analiza básicamente los consumos de energía de acuerdo al porcentaje de la población que hace uso de estos edificios. Asimismo se muestra un ejemplo demostrativo de la evaluación a través de la utilización de una hoja de Excel que presenta los resultados de desempeño energético.

### EL MODELO.

Del modelo descrito en la sección anterior se obtiene una predicción del consumo de energía con las limitaciones de funcionamiento que se describieron con anterioridad.

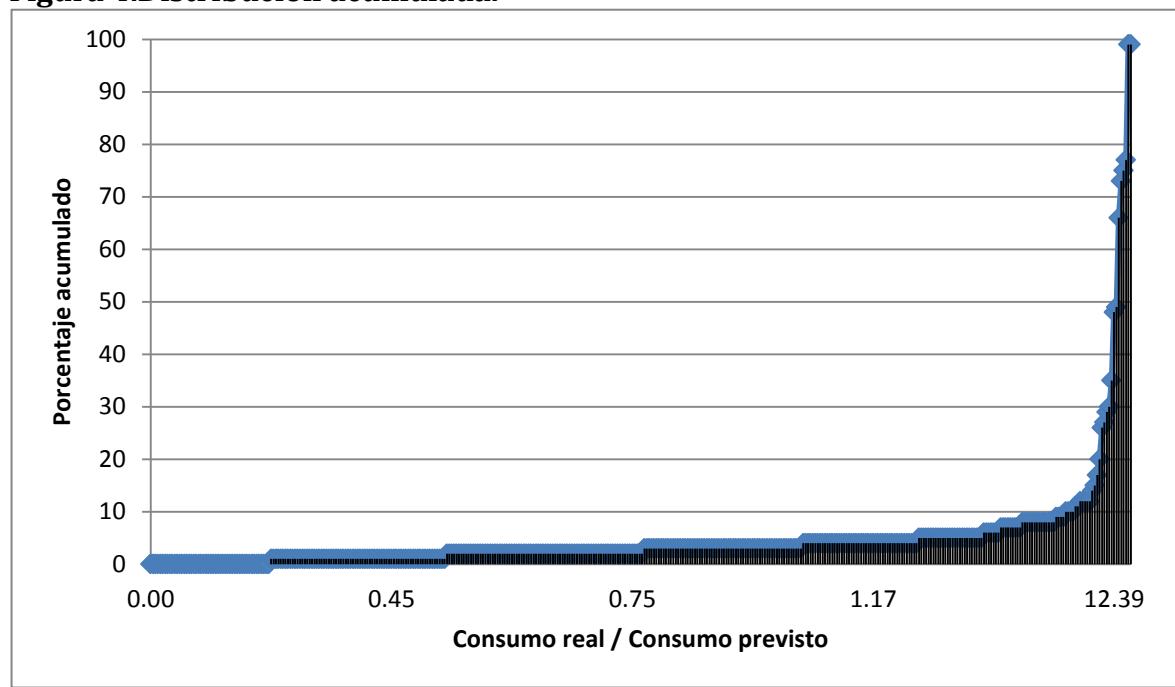
Algunos edificios utilizan más energía que lo predicho por la ecuación de regresión, mientras que otros utilizan mucho menos. El dato real de cada observación se divide entre su dato predicho para calcular la relación:

$$\text{Relación de consumo} = \text{Consumo real} / \text{Consumo predicho}$$

Una relación de consumo inferior indica que un edificio utiliza menos energía que la prevista y por consiguiente, hace un buen uso de la energía. Una relación de eficiencia más alta indicaría lo contrario.

Las relaciones de consumo se ordenan de menor a mayor y el porcentaje acumulado de datos en cada relación se calcula utilizando el peso de la observación individual.

**Figura 4.Distribución acumulada.**



Fuente: Elaboración propia

La relación de la curva expresa que el 1% de la población tiene una relación muy pequeña con el consumo y le correspondería una alta calificación (de 99) en su evaluación de buen uso de la energía. La relación de la curva en el límite del 25% corresponderá a la proporción de una calificación de 75.

En el Anexo I se presenta una tabla con los datos obtenidos para esta evaluación con los datos aquí analizados. Si la relación entre consumos es menor a 0.2564 la calificación para el edificio debe ser 100. Si el cociente es mayor o igual a 0.2564 e inferior a 0.5128 la tasa prevista de evaluación para el edificio deberá ser 99 y así sucesivamente:

#### LA HERRAMIENTA EN EXCEL.

Para apoyar en el proceso de evaluación de un edificio específico se ha desarrollado una pantalla en Excel que facilita la introducción de datos y la visualización de resultados,

#### Ejemplo de cálculo.

La metodología en Excel está basada en cinco pasos para calcular la puntuación del desempeño energético de un edificio habilitado como oficinas (Figura 5).

El siguiente es un ejemplo específico de un edificio de oficinas:

- **Paso 1.** El usuario introduce los datos de la construcción en el programa en la calculadora. Para los efectos de este ejemplo se proporciona:
  - ✓ Datos de facturación eléctrica
    - Consumo de electricidad anual facturado = 797,600kWh

- ✓ Datos operativos
    - Superficie total construida en m<sup>2</sup> = 2,784
    - Horas de operación semanal del edificio = 36
    - Grados días de Refrigeración = 1,465
  - **Paso 2.** El programa calcula el consumo predicho por el sistema.
  - **Paso 3.** El programa calcula la relación de consumo de energía  

$$\text{Relación de consumo de energía} = 797,600 / 88,174 = 9.0458$$
  - **Paso 4.** La calculadora responde, también la calificación de desempeño energético, para este caso,
- Calificación de desempeño energético: 65
- Para obtener una calificación de buen desempeño energético, la calificación debe ser mayor a 75.
- **Paso 5.** El programa también emite una respuesta a las emisiones de CO<sub>2</sub> provenientes del consumo de electricidad real<sup>13</sup>, que para este caso es:

$$\text{Emisiones de CO}_2 = 421,133 \text{ KgCO}_2$$

En la Fig. 5 se muestra la pantalla del programa en Excel con los datos y los resultados.

**Figura 5. Pantalla de resultados del programa de la Metodología de Desempeño Energético.**

CALCULADORA DE DESEMPEÑO ENERGÉTICO	
<b>Datos de facturación eléctrica anuales</b>	
Total del consumo de energía eléctrica en kWh/año	797,600
Datos operativos	
Superficie total construida (en m <sup>2</sup> )	2,784
Horas de operación semanales del edificio	36
Grados días de refrigeración	1,465
Resultados	
Consumo de Energía Predicho por éste sistema (kWh)	88,174
Relación de Consumo de Energía	9.0458
Emissions de CO <sub>2</sub> por Consumo real (kgCO <sub>2</sub> )	421,133
Calificación de desempeño energético: 65	

Fuente: Elaboración propia

---

<sup>13</sup> El cálculo de emisiones está basado en el promedio de emisiones para la generación eléctrica emitido por CFE en 2009 de 0.528 KgCO<sub>2</sub> por kWh consumidos.

Es importante mencionar que el algoritmo obtenido sólo determina un 60% del consumo de energía en un edificio.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

El presente trabajo ha permitido analizar un conjunto de sistemas de certificación de la sustentabilidad de edificios y explorar la aplicación de uno de ellos en México.

De esta manera se analizaron tres sistemas de evaluación de edificaciones sustentables en Norteamérica: *Leadership in Energy and Environmental Design* (LEED), *Living Building Challenge* (LBC) y *Energy Star for Buildings*. Además, se incluyó en el análisis el sistema español Green Building Council España (GBCe), para tener un punto comparativo con Norteamérica.

### CONCLUSIONES

Como resultado del análisis de los sistemas de evaluación consultados se decidió utilizar *Energy Star®* como sistema de referencia para el desarrollo de una metodología propia por las siguientes razones:

- La metodología de *Energy Star* permite la comparación de consumos de energía. Lo cual permitiría estimar emisiones de gas de efecto invernadero.
- Es el sistema que requiere de la descripción más sencilla del edificio (datos de área, de ocupación y de demanda y consumo energéticos) y no requiere -a diferencia de los otros sistemas- datos sobre las condiciones de la localización de los edificios.
- Para los sistemas LEED, LBC y GBCe, la evaluación se lleva a cabo por profesionistas acreditados, mientras que para *Energy Star* se requiere una acreditación menos restrictiva.

Dada esta conclusión se analizó la metodología *Energy Star* mediante una base de datos de edificios públicos de la CONUEE, la cual integra un número significativo de edificios de oficinas ocupados por dependencias y entidades del gobierno federal en México. Esta base de datos contiene información relativa al consumo anual de energía y el área construida. Esta información se complementó con datos de *Grados Día* obtenidos por la Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en la Edificación (AEAE), lo cual permitió contar con información relativa al clima en los mismos términos que la metodología planteada para el sistema de *Energy Star*.

### RECOMENDACIONES

Como resultado de la investigación se proponen algunas líneas a seguir. Esencialmente se sugiere el fortalecimiento de la recopilación e integración de información relacionada a los edificios comerciales en México con el fin de aplicar de manera cabal un sistema internacional de certificación de sustentabilidad ambiental.

En este sentido se recomienda lo siguiente:

- a) **Sugerir a la CONUEE integrar variables adicionales a su base de datos.** En particular, sería útil integrar las siguientes:

- Número de computadoras personales por cada 100 metros cuadrados<sup>14</sup>
  - Horas de operación semanales
  - Número de empleados por cada 100 metros cuadrados
- b) **Llevar a cabo una encuesta nacional de edificios comerciales.** En este sentido sería importante considerar las siguientes variables:
- Tipo de edificios
  - Clima
  - Características de la envolvente, en particular los materiales que la componen, y su exposición a la luz solar y a la temperatura exterior (colindancias).
  - Tipo de tecnología, en particular la correspondiente a iluminación y a aire acondicionado.
- c) **Revisar información relativa a edificios comerciales ubicados en México de organismos internacionales.** Específicamente, se recomienda consultar con EPA en relación a las bases de datos que manejan y la posibilidad de que éstas incluyan edificios ubicados en México.

Asimismo, se considera útil realizar los trabajos de manera conjunta con la Comisión Federal de Electricidad (CFE), la Secretaría de Energía (SENER) y el Fideicomiso para el Ahorro de Energía Eléctrica (FIDE) para aprovechar su interés, información y sus propias necesidades de análisis.

Finalmente, se sugiere ponerse en contacto con cámaras y asociaciones de organizaciones y empresas que operan fundamentalmente en edificios, como lo son escuelas, hospitales, hoteles, tiendas departamentales, tiendas de autoservicio y restaurantes con el fin de iniciar una colaboración conjunta para la sustentabilidad de edificios.

---

<sup>14</sup> La base de datos no contenía información referente a número de computadoras, por lo que se utilizó el indicador de 13 computadoras personales por cada 100 empleados de Gil García *et al.* (2008).

## BIBLIOGRAFÍA.

- AEAAE (2006). *Zonas Climáticas y Grados Día para poblaciones con más de 100 mil habitantes*, Asociación de Empresas para el Ahorro de Energía en Edificación, México, p. 14.
- CCA (2008). *La edificación sustentable en América del Norte: Oportunidades y Retos*, Comisión para la Cooperación Ambiental: Montreal.
- CONAE (1999). *Programa Cien Edificios Pùblicos*. 1999, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. p. 43.
- CONAE (2001) *Acuerdo que establece los lineamientos generales del Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la Administración Pública Federal para el ejercicio fiscal del 2001*, Comisión Nacional para el Ahorro de Energía, Diario Oficial de la Federación. p. 4.
- CONUEE (2010). *Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la APF. Cierre 2009*. Página electrónica de la CONAR consultada el 29 de noviembre de 2010  
[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1648\\_listado\\_de\\_oficinas/\\_rid/3113/mto/3/wst/maximized?url2print=%2Fwb%2FCONAE%2FCONA\\_1648\\_listado\\_de\\_oficinas\\_&sección=1648&imp\\_act=imp\\_step3&page=0&psistema=ListaInstalacionesVar.jsp](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1648_listado_de_oficinas/_rid/3113/mto/3/wst/maximized?url2print=%2Fwb%2FCONAE%2FCONA_1648_listado_de_oficinas_&sección=1648&imp_act=imp_step3&page=0&psistema=ListaInstalacionesVar.jsp).
- de Buen O (2008). *La importancia del consumo de energía en inmuebles no residenciales en México y su evidente subestimación en las estadísticas nacionales*. Página Electrónica de Transición Energética consultada el 24 de Septiembre de 2008,  
<http://www.funtener.org/importayconsumo.html>.
- DOE (2010). *Buildings Energy data Book*. U.S. Department of Energy,  
<http://buildingsdatabook.eren.doe.gov/ChapterView.aspx?chap=3>.
- EIA (2010). *Survey Background and Technical Information*. Página electrónica de la EIA consultada el 6 de Octubre de 2010, from:  
<http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/background.html>.
- Energy Star (2010a). *Energy Star® Data Checklist for Commercial Buildings*. Energy Star: p.4.
- Energy Star (2010b). *Portfolio Manager Overview*, Página electrónica de Energy Star consultada el 6 de Octubre de 2010,  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?f=c=evaluate\\_performance.bus\\_portfoliomanager](http://www.energystar.gov/index.cfm?f=c=evaluate_performance.bus_portfoliomanager).
- Energy Star (2010c). *The Energy Star for Buildings& Manufacturing Plants*, Página electrónica de Energy Star consultada el 6 de Octubre de 2010,  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?f=c=business.bus\\_bldgs](http://www.energystar.gov/index.cfm?f=c=business.bus_bldgs).
- Energy Star (2010d). *Energy Star® Performance Ratings Technical Methodology*. Energy Star, p. 16.
- Energy Star (2010e). *Energy Star® Portfolio Manager Data Collection Worksheet*, Energy Star, p. 6.
- EPA (2010). *About Energy Star*. Página electrónica de la Environmental Protection Agency consultada el 6 de Octubre de 2010,  
[http://www.energystar.gov/index.cfm?f=c=about.ab\\_index](http://www.energystar.gov/index.cfm?f=c=about.ab_index).

- EPA (2010a). *About EPA*. Página electrónica de la Environmental Protection Agency consultada el 6 de Octubre de 2010,<http://www.epa.gov/aboutepa/index.html>.
- EPA (2010b). *History of Energy Star*, Página electrónica de la Environmental Protection Agency consultada el 6 de Octubre de 2010,[http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab\\_history](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_history).
- EPA (2010c). *The Energy Star for Buildings& Manufacturing Plants*, Página electrónica de la Environmental Protection Agency consultada el 6 de Octubre de 2010, [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=business.bus\\_bldgs](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=business.bus_bldgs).
- EPA (2010d). *Energy Star® Performance Ratings Technical Methodology*. U.S. Environmental Protection Agency.
- EPA (2010e). *Portfolio Manager Overview*, Página electrónica de la Environmental Protection Agency consultada el 6 de Octubre de 2010, [http://www.energystar.gov/index.cfm?c=evaluate\\_performance.bus\\_portfoliomanager](http://www.energystar.gov/index.cfm?c=evaluate_performance.bus_portfoliomanager).
- EPA (2010f). *Energy Star® Portfolio Manager Data Collection Worksheet*. Environmental Protection Agency. p. 6.
- EPA (2010g). *Energy Star® Challenge for Industry. Professional Engineer Guide*, Office of Air and Radiation, U.S. Environmental Protection Agency, USA.
- Escobedo M. A. (2005). *Indicadores energéticos de iluminación para inmuebles destinados al uso de oficinas públicas caso: centro del País*, Tesis de Maestría, Facultad de Ingeniería, UNAM, México.
- GBCe (2010). *Presentación*, 2010, Página electrónica de la Green Building Council España consultada el 6 de Octubre de 2010, <http://www.gbce.es/>.
- GBCe (2010a). *Herramienta VERDE. Información general*, Página electrónica de la Green Building Council España consultada el 6 de Octubre de 2010, <http://www.gbce.es/herramientas/informacion-general>.
- GBCe (2010b). *Requisitos para la acreditación de evaluadores*, Página electrónica de la Green Building Council España consultada el 6 de Octubre de 2010, <http://www.gbce.es/certificacion/requisitos-evaluadores>.
- GBCI (2010). *LEED for Existing Buildings: Operations & Maintenance 2010* Página electrónica del Green Building Certification Institute consultada el 6 de Octubre de 2010, <http://www.gbc.org/main-nav/building-certification/certification-guide.aspx>.
- Gil-García J.R., Mariscal J. y Ramírez F. (2008). *Gobierno Electrónico en México*, CIDE, México.
- ILBI (2010) Página electrónica del International Living Future Institute consultada en Junio de 2010, <http://ilbi.org/>.
- USGBC (2009). *LEED 2009 for Existing Buildings: Operations & Maintenance Rating System*. U.S. Green Building Council, Washington.
- USGBC (2010). *Welcome to USGBC*, Página electrónica de la United States Green Building Council consultada el 6 de Octubre de 2010, <http://www.usgbc.org/>.

USGBC (2010a). *Intro - What LEED Is.* Página electrónica de la United States Green Building Council consultada el 6 de Octubre de 2010, <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1988>

USGBC (2010b). *Education and Training.* Página electrónica de la United States Green Building Council consultada el 6 de Octubre de 2010, <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=283>

UNEP& SBCI (2009). *Greenhouse Gas Emission Baselines and Reduction Potentials from Buildings in Mexico.* United Nations Environment Programme, Sustainable Buildings & Climate Initiative, Paris.

## ANEXOS

### ANEXO A. ELABORACIÓN DE LA BASE DE DATOS DE REFERENCIA PARA *Energy Star*<sup>15</sup>

Para funcionar, el sistema *Energy Star* para edificios requiere de una base de datos de edificios de referencia que integra y publica el Departamento de Energía de los Estados Unidos (DOE por sus siglas en inglés) cada cuatro años a partir de encuestas de consumo de energía en los edificios considerados.

Las encuestas de consumo de energía que sirven de referencia comparativa, recogen información sobre edificios comerciales de los Estados Unidos, sus características de construcción, su consumo de energía y sus costos. Los edificios comerciales incluyen todos los edificios que se utilizan en al menos la mitad de la superficie útil para un fin que no sea residencial, industrial o agrícola, por lo que incluyen la construcción de tipos que, tradicionalmente, no se podría considerar “comercial”, como escuelas, instituciones, correccionales e iglesias. La encuesta se lleva a cabo en dos etapas de recopilación de datos: la primera recaba las características de construcción y la segunda se realiza a los proveedores de energía y se hace únicamente si los que respondieron a la primera no pudieron proporcionar el consumo de energía (EIA, 2010).

La encuesta de características recoge información sobre los edificios comerciales seleccionados a través de entrevistas voluntarias con los propietarios de los edificios, los administradores, o los inquilinos. En esta primera etapa, los encuestados responden preguntas sobre el tamaño del edificio, tipo de actividad que se realiza en el edificio, los tipos de equipos que usan energía y si tienen medidas de ahorro y uso eficiente de la energía, los tipos de energéticos, el consumo de los mismos y el costo.

Una vez completada la encuesta de características de construcción, se inicia una encuesta entre proveedores de energía en los casos en que no se tenga la información del consumo de energía. Esta encuesta obtiene datos sobre el consumo real del edificio y de los gastos de energía a partir de los registros de los proveedores de energía.

La población objetivo para la encuesta del 2003 consistió en todos los edificios comerciales en los Estados Unidos (con la excepción de los edificios comerciales ubicados en las fábricas) que son mayores a 1,000 metros cuadrados.

Para ser elegibles para la encuesta, se debía cumplir con los siguientes requisitos: Ser mayor de 1,000 metros cuadrados; que su estructura fuera totalmente cerrada por paredes que se extienden desde la base hasta el techo y que estuviera destinada para el acceso humano; que fuera utilizado principalmente para un propósito comercial; que el edificio tuviera más del 50% de su superficie útil dedicada a las actividades que no son ni residencial ni industrial ni agrícola.

La recopilación de datos se lleva a cabo en seis fases:

---

<sup>15</sup> <http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/cbecs2003/background.html>

- el diseño del cuestionario,
- las pruebas preliminares del cuestionario,
- la formación de supervisores y entrevistadores,
- la realización de entrevistas,
- la minimización de falta de respuesta y
- el tratamiento de los datos.

Para el tratamiento de datos y la obtención de las tablas de consumo de uso final de la energía que servirán de comparación para el sistema *Energy Star*, existen cuatro pasos básicos de valoración de datos:

- Regresiones de consumo mensual en grados-día para establecer la temperatura de referencia para los modelos de ingeniería.
- Ingeniería de modelado para el uso final de la energía
- Regresiones de corte transversal para calibrar las estimaciones y dar cuenta de los usos de energía adicional, y
- La conciliación de las estimaciones de uso final de la energía para el consumo total de la energía del edificio encuestado.

Los detalles de la valuación varían según la fuente de energía se muestran en la Tabla A1..

**Tabla A1. Resumen de los pasos para estimar el consumo final de energía por fuente.**

Pasos	Electricidad	Gas Natural	Combustóleo	Distrito de calor
<b>Las regresiones mensuales</b>	Mediante datos de 1.500 edificios	Mediante datos de 1.000 edificios	Si los datos mensuales no están disponibles, utilizar los resultados de gas natural	
<b>Ingeniería de Modelos</b>	Especificado para todos los usos finales	Especificado para todos los usos finales , excepto la calefacción secundaria , la cocina , y " otros "usos	Especificado para todos los usos finales pertinentes	
<b>Regresiones de corte transversal</b>	No se realiza	Realizado		No se realiza
<b>Reconciliación y prorratoe</b>	Resultados de las regresiones mensuales utilizada para ajustar la calefacción y la refrigeración , a continuación, prorratoeado		Prorratoeada para que coincida con el consumo total de energía del edificio	

Tomado de: [http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/tech\\_end\\_use.html](http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/tech_end_use.html)

## **ANEXO B. HOJA DE CÁLCULO PARA INGRESAR DATOS A *Energy Star PORTFOLIO MANAGER (EPA, 2010f)*.**

Esta hoja de cálculo fue diseñada para ayudar a propietarios y administradores a reunir datos para establecer un punto de referencia en edificios utilizando el *Portfolio Manager* de *Energy Star* de la EPA.

La información en esta hoja de cálculo será utilizada para establecer el perfil del edificio en el Portfolio Manager, la cual es de importancia fundamental para calcular los puntos de referencia de las mediciones clave, tales como, la intensidad de energía y sus costos, uso del agua y emisiones de carbono.

Todos los tipos de edificios pueden ingresarse en el Portfolio Manager y obtener los puntos de referencia de energía y agua, así como una comparación del desempeño del edificio y un edificio promedio de tipo similar.

Algunos edificios recibirán un nivel de evaluación *Energy Star*.

El nivel *Energy Star* es un punto de referencia que indica que tan eficientemente se utiliza la energía en el edificio con una escala de 0 a 100. Un índice de 50 indica que el desempeño promedio en energía comparado con edificios similares, mientras que un índice de 75 o mayor indica un buen desempeño, y significa que el edificio puede ser candidato a obtener la etiqueta *Energy Star*.

Para recibir una valoración del programa *Energy Star*, la superficie total del edificio debe ser el 50% o más, de uno de los siguientes tipos de uso: banco/institución financiera, corte, centro de datos, hospital, hotel, templo, escuela, oficina médica, residencia, tienda, supermercado, almacén (refrigerados y no refrigerados) y planta de tratamiento de agua.

***Utilice esta hoja de cálculo para reunir los datos para todos los tipos de espacios aplicables a su instalación.***

Datos requeridos para el punto de referencia *Energy Star*

- Nombre de usuario y contraseña del Portfolio Manager
- Domicilio del edificio, año de construcción, e información de contacto
- La superficie total del edificio y características fundamentales de operación de cada tipo de uso.
- Utilice esta hoja de cálculo para reunir la información antes de acceder al Portfolio Manager
- 12 facturas mensuales consecutivas de todos los tipos de combustibles utilizados en el edificio.

Información general del edificio:

- Nombre de la instalación
- Año de construcción
- Domicilio del edificio
- Ciudad, Estado, Código Postal

**Tabla B1. Ejemplo de formato de registro para el programa *Energy Star*: el caso de un Consultorio Médico (*Energy Star*, 2010e).**

<p>General <a href="#">Office 1:</a></p> <p><i>Required:</i></p> <p><input type="checkbox"/> Gross floor area (SF)  <input type="checkbox"/> Weekly operating hours  <input type="checkbox"/> # of workers on main shift  <input type="checkbox"/> # of personal computers  <input type="checkbox"/> Percent of floor area that is air conditioned (&gt;=50%, &lt;50%, or none)  <input type="checkbox"/> Percent of floor area that is heated (&gt;=50%, &lt;50%, or none)</p>	<p><a href="#">Medical Office:</a></p> <p><i>Required:</i></p> <p><input type="checkbox"/> Gross floor area (SF)  <input type="checkbox"/> # of workers on main shift  <input type="checkbox"/> Weekly operating hours  <input type="checkbox"/> Percent of floor area that is cooled in 10% increments (10%, 20%, 30%, etc.)  <input type="checkbox"/> Percent of floor area that is heated in 10% increments (10%, 20%, 30%, etc.)</p>
---	--

Atributos de los tipos de usos:

Antes de recopilar la información en las casillas siguientes, se debe revisar la siguiente información:

- Definiciones específicas e instrucciones para cada campo de datos en las casillas siguientes, éstas se pueden ver navegando en la sección de ayuda del Portfolio Manager seleccionando “Space Type Definitions” (Definición de tipo de espacio), seleccionando el tipo de edificio y “Space Use Information” (Información del espacio).
- Algunos edificios pueden tener múltiples tipos de espacios dentro de un solo edificio (por ejemplo oficina, centro de datos, y estacionamiento o escuela y alberca). Completar los siguientes campos para los principales tipos de espacios aplicables dentro del edificio.
- Para edificios con múltiples inquilinos con el mismo tipo de espacio, cada uno de ellos debe ingresarse por separado, sólo cuando el número de horas semanales de operación difiera por más de 10 horas entre inquilinos. Por ejemplo, en un edificio de oficinas de 100,000 pies cuadrados (SF) donde 75,000 SF operan 60 horas semanales y 25,000 SF operan 80 horas semanales, se deben ingresar como dos espacios separados. Como esto es muy común en edificios de oficinas, se proveen varios campos para capturar los datos de múltiples inquilinos, de ser necesario.
- Los valores que se proveen por defecto en Portfolio Manager pueden usarse para todas las características de uso del espacio con excepción de la superficie total. Utilizar valores por defecto tendrá como resultado un índice de desempeño de energía aproximado que puede ser un indicador beneficioso para estimar el desempeño de energético. Si los valores por defecto

son usados en una clasificación inicial, se recomienda que los datos reales se agreguen después para una medición más precisa del desempeño energético del edificio. Los edificios que utilizan valores por defecto no son candidatos para aplicar para la etiqueta *Energy Star*. Para usar valores por defecto, dejar en blanco la información requerida excepto la superficie total.

## ANEXO C. GUÍA RÁPIDA DE REFERENCIA DEL PORTFOLIO MANAGER

La guía rápida de referencia ofrece una forma fácil de entender la utilización del Portfolio Manager, mostrando las pantallas que este programa abrirá conforme se carguen los datos que va solicitando. Se sugiere su impresión.



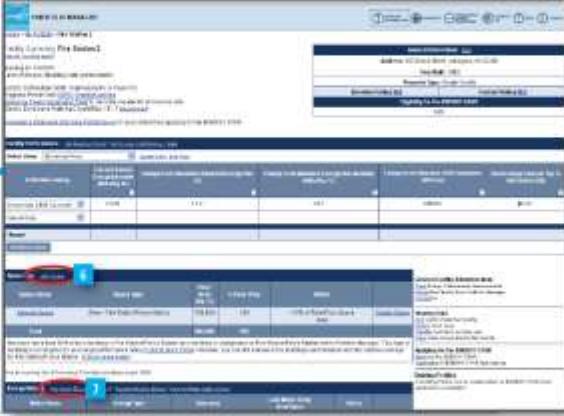
# PORTFOLIO MANAGER QUICK REFERENCE GUIDE

Portfolio Manager is an interactive energy management tool that allows you to track and assess energy and water consumption across your entire portfolio of buildings in a secure online environment. Use this Quick Reference Guide to identify opportunities for energy efficiency improvements, track your progress over time, and verify results.

### IDENTIFY ENERGY EFFICIENCY PROJECTS

Use Portfolio Manager to identify under-performing buildings to target for energy efficiency improvements and establish baselines for setting and measuring progress for energy efficiency improvement projects over time.

STEP	ACTIVITY	ACTION
1	Access Portfolio Manager. (step not shown)	Visit <a href="http://www.energystar.gov/benchmark">www.energystar.gov/benchmark</a> . Scroll down to the <b>Login</b> section on the right-hand side in the middle of the page.
2	Access your account. (step not shown) <ul style="list-style-type: none"> <li>• Create a new account.</li> <li>• Login to an existing account.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Click <b>REGISTER</b>, and follow instructions.</li> <li>• Enter user name and password, and click <b>LOGIN</b>.</li> </ul>
3	Review system updates and enter account. (step not shown)	Click <b>ACCESS MY PORTFOLIO</b> , located below <b>Welcome to Portfolio Manager</b> .
4	Add a new facility. (step not shown)	Click <b>ADD a Property</b> , located in the upper right portion of the screen.
5	Select property type and enter general facility information. (step not shown)	Select the option that most closely resembles your facility and click <b>CONTINUE</b> . Enter general data and click <b>SAVE</b> . For more information on facility space types, see: <a href="http://www.energystar.gov/index.cfm?c=eligibility.bus_portfoliomanager_space_types">www.energystar.gov/index.cfm?c=eligibility.bus_portfoliomanager_space_types</a> .
6	Enter space use data.	From the <b>Facility Summary</b> page, shown above, go to the <b>Space Use</b> section, located half way down the page, and click <b>ADD SPACE</b> . <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enter a facility name. In the <b>Select a Space Type</b> menu, select the appropriate space type(s) for your building. If your space is not listed, select <b>Other</b>. Click <b>CONTINUE</b>.</li> <li>• Enter building characteristics, Click <b>SAVE</b>. Information required for each space type is listed here: <a href="http://www.energystar.gov/index.cfm?c=eligibility.bus_portfoliomanager_space_types">www.energystar.gov/index.cfm?c=eligibility.bus_portfoliomanager_space_types</a>.</li> <li>• Repeat steps above to add all major spaces in your facility.</li> </ul> <p>Use bulk import service to minimize manual data entry of large sets of facility data (10 or more facilities or campuses are required).</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Go back to <b>My Portfolio</b> by clicking on the link in the upper left portion of the page.</li> <li>• Click <b>IMPORT Facility Data Using Templates</b>, located below <b>Add a Property</b>.</li> </ul>
7	Enter energy use data.	From the <b>Facility Summary</b> page, go to the <b>Energy Meters</b> section, located below the <b>Space Use</b> section, and click <b>ADD METER</b> . <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enter meter name, type, and units. Click <b>SAVE</b>.</li> <li>• Enter number of months and start date. Click <b>CONTINUE</b>.</li> <li>• Enter energy use and cost for each month. Click <b>SAVE</b>.</li> <li>• Repeat for all energy meters and fuel types.</li> </ul>



[www.energystar.gov/benchmark](http://www.energystar.gov/benchmark)

Tomado de: <http://www.energystar.gov>

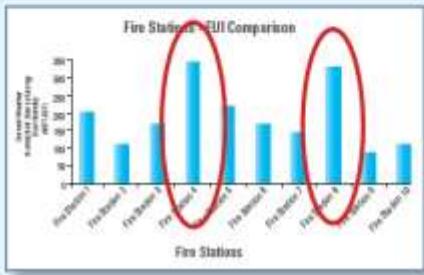
51



The screenshot shows the 'My Portfolio' page of the Energy Star Portfolio Manager. At the top, there's a 'Group Average' summary table with columns for 'Baseline Rating (72)', 'Facilities Included (2)', 'Current Rating (89)', and 'Facilities Included (1)'. Below this is a 'Change from Baseline' section showing 'Group Adjusted Percent Energy Use (Baseline -14.8%)' and 'Facilities Included (2)'. A note says 'Averages are weighted by Total Floor Space.' Below the table are links for 'View All Buildings', 'More about Change from Baseline', and 'Adjusted Energy Use'. On the right side of the header, there are links for 'Add a Facility', 'Import Facility Data Using Templates', 'Work with Facilities', 'Update Public Metrics', 'Check Facility', 'Request Energy Performance Report', 'Apply for Recognition', 'Apply for the ENERGY STAR', and 'Find ENERGY STAR Locations'. Below the header, there's a 'GROUP' dropdown set to 'Fire Stations', a 'Create Group' button, and a 'VIEW' dropdown set to 'Summary View'. A red circle highlights the 'VIEW' dropdown. A blue box labeled '9a' is placed over the 'VIEW' dropdown. Another blue box labeled '9b' is placed over the 'Download in Excel' link at the bottom left of the table.

Facility Name	Current Energy Intensity (kBtu/Sq. Ft.)	Change from Baseline: Energy Use Intensity (kBtu/Sq. Ft.)	Change from Baseline: Energy Use Intensity (kBtu/Sq. Ft.)	Change from Baseline: GHG Emissions (MCO <sub>2</sub> /yr)	Total Energy Cost per Sq. Ft. (US Dollars/ft <sup>2</sup> )
Fire Station 1	180.1	-12.3	-6.1	-375.86	\$0.30
Fire Station 2	172.6	-17.2	-10.7	-488.62	\$0.37

The rating is calculated by using the last day of the latest full calendar month where all metrics in the facility have been entered; the Portfolio Building data reflects that particular date.

STEP	ACTIVITY	ACTION
6	Create custom groups.	<p>Organize facilities into groups (e.g., Fire Stations, Northwest Region). Groups are completely customizable, and each facility may belong to multiple groups.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>From the <b>My Portfolio</b> page, click <b>CREATE GROUP</b>, located directly to the right of the <b>Group</b> drop-down menu.</li> <li>Follow instructions to select buildings and name your group.</li> <li>Once they have been saved, custom groups will be available in the <b>Group</b> drop-down menu.</li> </ul>
9	View and interpret results.	<p>Option 1: Go to <b>My Portfolio</b> and view all buildings to compare performance metrics.</p> <p>Option 2: Export data to Microsoft® Excel.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>On the <b>My Portfolio</b> page, select the view, from the View drop-down menu that will display the data you wish to export. The <b>My Portfolio</b> page will update to display the selected view. (9a)</li> <li>Select the <b>DOWNLOAD IN EXCEL</b> link. A File Download dialog window will open. Follow the steps provided by Excel. (9b)</li> <li>Use Excel functionality to view building energy performance graphically. The example below shows a comparison of Energy Use Intensity for a portfolio of fire stations, identifying under-performing buildings to target for energy efficiency improvements.</li> </ul> 

[www.energystar.gov/benchmark](http://www.energystar.gov/benchmark)

Tomado de: <http://www.energystar.gov>

52

## TRACK PROGRESS OVER TIME

Portfolio Manager comes pre-populated with nine standard summary views of facility data, which are displayed on the My Portfolio summary page. These standard views include:

- Summary: Energy Use
- Performance: Green House Gas Emissions
- Performance: Financial
- Performance: Water Use

Additionally, users can create and save custom downloadable views by choosing from more than 70 different metrics. The default view set by the user will display automatically after logging into Portfolio Manager, and data from all views can be exported to Microsoft® Excel.

**1** From the My Portfolio page or the Facility Summary page, select the Create View link, located directly to the right of the View drop-down menu.

**2** Enter a name for the view. To set as the default view, select the box labeled Set this View as My Portfolio Default, located directly to the right of View Name. You may include up to 7 (seven) columns in each view.

**3** Choose each metric to be included in the view by selecting an order number from the Preferred Column Order drop-down menu to the left of the Facility Data column.

**4** Click SAVE at the bottom of the page. You will be returned to the My Portfolio page, and your custom view will be available in the View drop-down menu. (step not shown)

Tomado de: <http://www.energystar.gov>

## VERIFY AND DOCUMENT RESULTS

Use Portfolio Manager to quickly and accurately document reductions in energy use, greenhouse gas emissions, water use, and energy costs for an individual building or an entire portfolio. This valuable information can be used to provide a level of transparency and accountability to help demonstrate strategic use of funding.

Generate a Statement of Energy Performance that includes valuable information about your building's performance, including:

- Normalized energy use intensity
- National average comparisons
- Greenhouse gas emissions
- Energy performance rating (if available)

In addition, you can also request an Energy Performance Report to see the change in performance over time for selected buildings or an entire portfolio. Available comparative metrics in this report include:

- Normalized energy use intensity
- Total electric use
- Total natural gas use
- Energy performance rating (if available)

**PORTRAIT MANAGER**

Facility Summary: Fire Station 2  
Building ID: 1542691  
Level of Access: Building Data Administrator

Electric Distribution Utility: Virginia Electric & Power Co.  
Personal Power Grid: SERC VirginCarrie  
Select my Power Supplier First to calculate my electric emissions rate  
Electric Emissions Factor: 0.020000000000000002 (estimated)

**General Information**  
Address: 100 Blank Street, Arlington, VA 22208  
Year Built: 1986  
Property Type: Single Facility  
Baseline Rating: N/A Current Rating: N/A Eligibility for the ENERGY STAR® Program: N/A

**1 Generate a Statement of Energy Performance for use other than applying for the ENERGY STAR® Program**

**STATEMENT OF ENERGY PERFORMANCE**  
Fire Station 2  
Building ID: 1542691  
For 12-month Period Ending: December 31, 2008  
Data NEP becomes ineligible: 1/1/2010  
Date NEP Generated: March 05, 2009

Facility	Facility Owner	Primary Contact for this Facility
Fire Station 2 100 Blank Street Arlington, VA 22208	N/A	N/A
Total Built: 1986 Square Feet Area (SF): 300,000		
Energy Performance Rating (1-100)		
Site Energy Use Summary Normalized Energy Use Intensity National Average Total Square Miles		
Energy Intensity <sup>1</sup> Site (kBtu/sqft) Source (kBtu/sqft)	130	173
Emissions (based on site energy use) Greenhouse Gas Emissions (MCO <sub>2</sub> /year)	2,232	
Electric Distribution Utility National Average Comparison National Average Site SF National Average Source SF % Difference from National Average Source SF Building Type		
Business Industry Standard for Major Environmental Conditions Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality Acceptable Thermal Environment Conditions Acceptable Management	N/A	N/A
Certifying Professional Based on the conditions observed at the time of my visit to this facility, I certify that the information contained within this statement is accurate.	N/A	

### GENERATE A STATEMENT OF ENERGY PERFORMANCE AND AN ENERGY PERFORMANCE REPORT

#### STEP ACTION

- 1 From your selected building's Facility Summary page, click **GENERATE A STATEMENT OF ENERGY PERFORMANCE**.
- 2 On the next page, select a period ending date. (step not shown)
- 3 Click **GENERATE REPORT**, located in the bottom right corner of the screen. (step not shown)
- 4 Save the Statement of Energy Performance, accompanying Data Checklist, and Facility Summary that include information on energy use intensity and greenhouse gas emissions.
- 5 From the My Portfolio page, click **REQUEST ENERGY PERFORMANCE REPORT**, located under **Work with Facilities**, which shows reductions in key performance indicators over a user-specified time period. Specify the type of report, the facilities to be included, and the requested report columns. The report will be e-mailed to a user-specified address within one business day. (step not shown)

Tomado de: <http://www.energystar.gov>

## ANEXO D. ENERGY STAR. LISTA DE VERIFICACIÓN DE DATOS PARA EDIFICIOS COMERCIALES(*Energy Star, 2010a*)

Para que un edificio pueda ser evaluado por el programa *Energy Star*, un ingeniero verificador acreditado o un arquitecto registrado deben validar la veracidad de los datos registrados de consumo energético en el edificio.

Esta lista está diseñada para proporcionar las características físicas, de funcionamiento, así como del consumo energético del edificio para ayudar al ingeniero verificador o el arquitecto registrado en el control de la información que el propietario o el operador encargado del edificio hayan cargado en el “Portfolio Manager”.

**TABLA D1. LISTA DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS EDIFICIOS A EVALUAR.**

CRITERIO	VALOR QUE COLOCÓ EN “Portfolio Manager”	PREGUNTAS DE VERIFICACIÓN	NOTAS	✓
<b>Nombre del Edificio</b>	Oficina de muestra	¿Es este el nombre oficial de la construcción que se mostrará en la Certificación <i>Energy Star</i> ?		<input type="checkbox"/>
<b>Tipo</b>	Oficina	¿Es esta la descripción precisa del espacio?		<input type="checkbox"/>
<b>Localización</b>	1234 Main Street, Arlington VA 22201	¿Es esta la dirección completa? Se requiere el código postal completo		<input type="checkbox"/>
<b>Tasa anual de ocupación</b>	95%	Tiene el edificio un promedio de ocupación del 50% o más en todos los 12 meses del período que se evalúa?		<input type="checkbox"/>
<b>Estructura única</b>	Instalación única	¿Este certificado representa a una estructura única? El certificado no puede ser para varios edificios ni tampoco puede representar sólo una parte del edificio.		<input type="checkbox"/>
Centro de Datos (Data Center)				
CRITERIO	VALOR QUE COLOCÓ EN “Portfolio Manager”	PREGUNTAS DE VERIFICACIÓN	NOTAS	✓
<b>Superficie Total</b>	780 m <sup>2</sup>	¿Es esta el área bruta total del suelo medido entre el exterior de las caras principales, adjuntando paredes fijas, incluyendo todas las funciones de apoyo para el centro de datos? Esto debe incluir todo el área del centro de datos: “rack” de servidores, bodegas de almacenamiento, áreas de consolas de control, cuartos para baterías, salas de máquinas para equipos de enfriamiento, pozos de ascensores, oficinas de áreas administrativas, escaleras, salas de descanso y baños. Cuando el centro de datos se encuentra en un edificio más grande, la superficie bruta total debe incluir las salas de máquinas que se encuentren en éste y todos los espacios de apoyo del centro de datos.		<input type="checkbox"/>
<b>Configuración de Energía TI</b>	De alimentación ininterrumpida. Sólo los equipos informáticos (preferencia)	¿Esta conexión de energía ininterrumpida es solamente para los equipos informáticos del centro de datos?		<input type="checkbox"/>
<b>Sistema de alimentación</b>	N (Opcional)	¿Es este el nivel de redundancia de la fuente de alimentación		<input type="checkbox"/>

<b>ininterrumpida Redundante</b>		ininterrumpida? Si no hay sistema de alimentación ininterrumpida, es esta la redundancia de la PDU que soporta la carga TI?		
<b>Equipos de refrigeración Redundante</b>	N + 1 (Opcional)	¿Es este el nivel de redundancia para los equipos de enfriamiento en el centro de datos?		<input type="checkbox"/>
<b>Energía anual TI</b>	913,224.87 kBtu	<p>¿Este total refleja la carga total en TI del centro de datos de acuerdo con los requisitos de medición de EPA? Los requisitos de medición de EPA son para un metro a la salida de la fuente de alimentación ininterrumpida.</p> <p>1.- Las instalaciones que no tienen un medidor de fuente de alimentación ininterrumpida se les permite ofrecer lecturas de la entrada de la PDU.</p> <p>2.- Instalaciones que más del 10% de la carga de la fuente de alimentación ininterrumpida no se dirigen a los equipos informáticos se les permite restar las cargas TI que son medidas o para reporta lecturas del PDU si las cargas TI no tienen medidor.</p>		<input type="checkbox"/>
<b>Oficina (Office)</b>				
CRITERIO	VALOR QUE COLOCÓ EN "Portfolio Manager"	PREGUNTAS DE VERIFICACIÓN	NOTAS	✓
<b>Superficie Total</b>	54,524 m <sup>2</sup>	¿Estos metros cuadrados incluyen cocinas y salas de descanso utilizados por el personal, áreas de almacenamiento, áreas administrativas, ascensores, escaleras, atrios, ejes de ventilación, etc.? También tenga en cuenta que para los atrios existentes, sólo debe incluir el área del piso que ocupa. Los entrepisos no deben incluirse en el total. La superficie de suelo no es lo mismo que el espacio alquilable. El espacio alquilable es un subconjunto de la superficie bruta.		<input type="checkbox"/>
<b>Horas de operación a la semana</b>	90 horas	¿Es el número total de horas por semana que el 75% del espacio de oficina está ocupado? Este número debe excluir las horas que el área está ocupada sólo para mantenimiento, vigilancia, entre otras. Para instalaciones con un horario que varía durante el año, "que funcionen sólo algunas horas a la semana", la contabilización de horas debe referir al total de horas semanales para el horario que más se utilice.		<input type="checkbox"/>
<b>Número de trabajadores en el turno principal</b>	1,500	¿Es éste el número de empleados presentes durante el turno principal? Nota: este no es el número total de empleados o visitantes que tiene un edificio en un periodo de 24 horas. Por ejemplo: si existen dos turnos de 8 horas diarias de 100 trabajadores cada uno, el número de trabajadores en el turno principal es de 100. La densidad promedio de empleados por metro cuadrado oscila entre 0.3 y 10 trabajadores por cada 92.8 metros cuadrados.		<input type="checkbox"/>
<b>Número de PC</b>	63	¿Es este el número de computadoras		<input type="checkbox"/>

		personales en la oficina?		
Porcentaje de enfriamiento	50% o más	¿Es este el porcentaje de la superficie total en la instalación que se sirve de equipos de enfriamiento?		<input type="checkbox"/>
Porcentaje de calefacción	50% o más	¿Es este el porcentaje de la superficie total en la instalación que se sirve de equipos de calefacción?		<input type="checkbox"/>
<b>Estacionamiento (Parking)</b>				
CRITERIO	VALOR QUE COLOCÓ EN "Portfolio Manager"	PREGUNTAS DE VERIFICACIÓN	NOTAS	✓
Superficie Total	18,694 m <sup>2</sup>	¿Es este el total de metros cuadrados del estacionamiento? (cerrado + no-cerrado + área abierta)		<input type="checkbox"/>
Estacionamiento cerrado	1,476 m <sup>2</sup>	¿Es este el total de metros cuadrados del estacionamiento cerrado? Un estacionamiento cerrado se define como dos muros y un techo.		<input type="checkbox"/>
Estacionamiento no cerrado	0 m <sup>2</sup>	¿Es este el total de metros cuadrados del estacionamiento no cerrado? Normalmente, este espacio se define como la parte del estacionamiento por encima del suelo que no contiene lados, pero es bajo un mismo techo.		<input type="checkbox"/>
Estacionamiento abierto	17,218 m <sup>2</sup>	¿Es este el total de metros cuadrados de la zona de estacionamiento abierto? Se define como estacionamiento abierto, a aquel que no cuenta con paredes ni techo o a la parte superior o nivel superior que se encuentra muy por encima del suelo del estacionamiento.		<input type="checkbox"/>
Horas semanales de acceso	168 horas	¿Es este el número total de horas por semana en las que es posible que un vehículo entre y salga?		<input type="checkbox"/>

#### Consumo de energía

Planta de generación de energía ó Compañía de distribución: Dominion - Virginia Electric & Power Co

##### Combustible: Electricidad

Medidor: Electricidad (kWh -miles de kilowatts-hora--)

Espacio (s): Toda la muestra

Método de generación: Compra a la red eléctrica

Fecha de inicio	Fecha de finalización	Uso de la energía (kWh)
04-01-2010	04-30-2010	45,000
03-01-2010	03-31-2010	47,000
02-01-2010	02-28-2010	42,000
01-01-2010	01-31-2010	54,200
12-01-2009	12-31-2009	67,800
11-01-2009	11-30-2009	57,600
10-01-2009	10-31-2009	59,800
09-01-2009	09-30-2009	77,200
08-01-2009	08-31-2009	67,200
07-01-2009	07-31-2009	52,600
06-01-2009	06-30-2009	54,800
05-01-2009	05-31-2009	45,600
Consumo eléctrico (kWh )		670,800
Consumo eléctrico (kBtu)		2,288,769.60
Total de electricidad (compra a la Red) Consumo (kBtu)		2,288,769.60
¿Es este el total de la electricidad (compra a la Red) consumida por éste edificio, incluyendo todos los medidores de energía eléctrica?		<input type="checkbox"/>

##### Combustible: Gas Natural

Medidor: Gas natural (ccf -cien pies cúbicos--)

Espacio (s): Toda la muestra

Fecha de inicio	Fecha de finalización	Uso de la energía (ccf)
04-01-2010	04-30-2010	2,109

03-01-2010	03-31-2010	2,009
02-01-2010	02-28-2010	1,258
01-01-2010	01-31-2010	1,755
12-01-2009	12-31-2009	280
11-01-2009	11-30-2009	141
10-01-2009	10-31-2009	500
09-01-2009	09-30-2009	300
08-01-2009	08-31-2009	250
07-01-2009	07-31-2009	230
06-01-2009	06-30-2009	1,500
05-01-2009	05-31-2009	1,602
<b>Consumo de Gas natural (ccf)</b>		<b>11,934</b>
<b>Consumo de Gas natural (kBtu)</b>		<b>1,228,008.6</b>
<b>Total de consumo de gas natural (kBtu)</b>		<b>1,288,008.6</b>
<b>¿Es este el total de consumo de gas natural en este edificio, incluyendo todas las mediciones de gas natural?</b>		<input type="checkbox"/>

<b>Combustibles adicionales</b>	
¿El consumo total del combustible muestra el total de la energía que usa este edificio? Por favor confirme que no existen combustibles adicionales (Energía de la municipalidad, generador con combustóleo) usándose en esta instalación.	<input type="checkbox"/>

<b>Energía solar en el lugar y energía eólica</b>	
¿Los totales que figuran en el consumo de combustible incluyen la energía solar en el lugar y/o la energía eólica instalada en el edificio?	<input type="checkbox"/>
Por favor confirme que no tiene energía solar o eólica en el sitio y que han sido omitidos en esta lista. Todos los sistemas deben estar reportados	

<b>Energía tipo TI: Sistema de alimentación ininterrumpida (UPS)</b>		
<b>Energía de salida</b>		
Nombre del medidor: UPS		
<b>Fecha de inicio</b>	<b>Fecha de finalización</b>	<b>Uso de la energía (kWh)</b>
05-01-2009	04-30-2010	80,135
Fuente de alimentación ininterrumpida (UPS) Energía de Salida (kWh)		<b>80,135</b>

<b>Total de energía (TI) de todos los requerimientos medidos de energía</b>	
Energía anual (TI) en el sitio (kWh)	80,135
Recurso anual (TI) de energía (kWh)	<b>267,650.9</b>

#### Certificación profesional

(Cuando se solicite la aplicación para *Energy Star*, la certificación de un profesional debe ser la misma que el ingeniero verificador o el arquitecto registrado que firma y sella la Declaración de Eficiencia Energética)

Nombre: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_

La firma es requerida al solicitar la certificación *Energy Star*.

## **ANEXO E. LEED. REQUISITOS MÍNIMOS DEL PROGRAMA (MPR'S) (USGBC, 2009)**

### **1. Sitios Sustentables (SS).**

Crédito 1: LEED Certificado de Diseño y Construcción

Crédito 2: Fachada del edificio y Plan de gestión de exteriores

Crédito 3: Manejo integral de plagas, control de erosión y plan de gestión del paisaje

Crédito 4: Trayectos alternativos de transporte

Crédito 5: Desarrollo del sitio—Protección o restauración del hábitat abierto

Crédito 6: Control de cantidad de aguas pluviales

Crédito 7.1: Reducción de la isla de calor—En otros espacios que no sean el techo

Crédito 7.2: Reducción de la isla de calor—En el techo

Crédito 8: Reducción de la contaminación lumínica

### **2. Uso eficiente del agua (WE).**

*Prerrequisito 1: Mínimo de mobiliario de plomería interior y la eficiencia del montaje*

Crédito 1: Medición del desempeño del uso se agua

Crédito 2: Mobiliario adicional de plomería interior y la eficiencia del montaje

Crédito 3: Uso eficiente de agua en jardinería

Crédito 4.1: Administración del agua en la torre de enfriamiento—Gestión de productos químicos

Crédito 4.2: Administración del agua en la torre de enfriamiento —Uso de la fuente de agua no potable

### **3. Energía y Atmósfera (EA).**

*Prerrequisito 1: Manejo de mejores prácticas de eficiencia energética — Planeación, documentación y evaluación de oportunidades*

*Prerrequisito 2: Desempeño mínimo de eficiencia energética*

*Prerrequisito 3: Gestión fundamental de refrigerantes*

Crédito 1: Optimización del desempeño de la eficiencia energética

Crédito 2.1: Puesta en marcha del edificio existente—Investigación y análisis

Crédito 2.2: Puesta en marcha del edificio existente —Implementación

Crédito 2.3: Puesta en marcha del edificio existente —Puesta en marcha

Crédito 3.1: Medición de desempeño—Automatización del sistema

Crédito 3.2: Medición de desempeño—Sistema de medición de nivel

Crédito 4: Energías renovables en el edificio y fuera del mismo

Crédito 5: Mejora en la gestión de refrigerantes

Crédito 6: Reporte de la reducción de emisiones

### **4. Materiales y Recursos (MR).**

*Prerrequisito 1: Políticas de compra sustentable*

*Prerrequisito 2: Política de manejo de residuos sólidos*

Crédito 1: Compra sustentable—Consumibles en curso

Crédito 2.1: Compra sustentable —Equipo eléctrico

Crédito 2.2: Compra sustentable—Mobiliario

Crédito 3: Compra sustentable —Alteraciones y adiciones de las instalaciones

Crédito 4: Compra sustentable —Reducción de mercurio en lámparas

Crédito 5: Compra sustentable —Alimentos

Crédito 6: Manejo de residuos sólidos—Auditoria de flujo de residuos

Crédito 7: Manejo de residuos sólidos —Consumibles en curso

Crédito 8: Manejo de residuos sólidos —Bienes

Crédito 9: Manejo de residuos sólidos — Alteraciones y adiciones de las instalaciones

## **5. Calidad del ambiente interior (IEQ) .**

*Prerrequisito 1: Desempeño mínimo de la Calidad del aire interior*

*Prerrequisito 2: Control ambiental de humo de tabaco (ETS)*

*Prerrequisito 3: Política de limpieza verde*

Crédito 1.1: Gestión de mejores prácticas en calidad del aire interior—Programa de gestión de la calidad del aire interior

Crédito 1.2: Gestión de mejores prácticas en calidad del aire interior —Monitoreo del aire saliente

Crédito 1.3: Gestión de mejores prácticas en calidad del aire interior —Aumento de ventilación

Crédito 1.4: Air Gestión de mejores prácticas en calidad del aire interior —Reducción de partículas en el aire distribuido

Crédito 1.5: Gestión de mejores prácticas en calidad del aire interior — Gestión de la Calidad del aire interior para alteraciones y adiciones de las instalaciones

Crédito 2.1: Comodidad del ocupante—Estudio de los ocupantes

Crédito 2.2: Control de los sistemas— Iluminación

Crédito 2.3: Comodidad del ocupante—Monitoreo de la comodidad térmica

Crédito 2.4: Luz natural y vistas (ventanas)

Crédito 3.1: Limpieza verde—Programas de limpieza de alto rendimiento

Crédito 3.2: Limpieza verde—Evaluación de la efectividad de la custodia

Crédito 3.3: Limpieza verde—Compra de productos de limpieza y materiales sustentables

Crédito 3.4: Limpieza verde—Equipo de limpieza sustentable

Crédito 3.5: Limpieza verde—Control de Fuentes de químicos y contaminación

Crédito 3.6: Limpieza verde—Manejo integral de plagas internas

## **6. Innovación en Operaciones (IO) .**

Crédito 1: Innovación en Operaciones

Crédito 2: Profesional acreditado por LEED®

Crédito 3: Documentación de costos de los impactos de construcción sustentable

## **7. Prioridad Regional (RP) .**

Crédito 1: Prioridad regional

## ANEXO F. LEED. LISTADO DE DATOS (CHEKLIST) PARA EDIFICIOS EXISTENTES EN OPERACIÓN

**Tabla F1. Listado de verificación de datos de registro del edificio (en inglés) (USGBC, 2009).**

Project Name:				
Project Address:				
Yes	?	No		
Sustainable Sites				12 Points
		Credit 1	LEED Certified Design and Construction	1
		Credit 2	Building Exterior and Hardscape Management Plan	1
		Credit 3	Integrated Pest Management, Erosion Control, and Landscape Management Plan	1
		Credit 4.1	Alternative Commuting Transportation, 10%	1
		Credit 4.2	Alternative Commuting Transportation, 25%	1
		Credit 4.3	Alternative Commuting Transportation, 50%	1
		Credit 4.4	Alternative Commuting Transportation, 75% or greater	1
		Credit 5	Reduced Site Disturbance - Protect or Restore Open Space	1
		Credit 6	Stormwater Management	1
		Credit 7.1	Heat Island Reduction - Non-Roof	1
		Credit 7.2	Heat Island Reduction -Roof	1
		Credit 8	Light Pollution Reduction	1
Water Efficiency				10 Points
Y		Prereq 1	Minimum Indoor Plumbing Fixture and Fitting Efficiency	Required
		Credit 1.1	Water Performance Measurement - whole building metering	1
		Credit 1.2	Water Performance Measurement- submetering	1
		Credit 2.1	Additional Indoor Plumbing Fixture and Fitting Efficiency, 10%	1
		Credit 2.2	Additional Indoor Plumbing Fixture and Fitting Efficiency, 20%	1
		Credit 2.3	Additional Indoor Plumbing Fixture and Fitting Efficiency, 30%	1
		Credit 3.1	Water Efficient Landscaping - Reduce Potable Water Use by 50%	1
		Credit 3.2	Water Efficient Landscaping - Reduce Potable Water Use by 75%	1
		Credit 3.3	Water Efficient Landscaping - Reduce Potable Water Use by 100%	1
		Credit 4.1	Cooling Tower Water Management - Chemical Management	1
		Credit 4.2	Cooling Tower Water Management - Non-Potable Water Source Use	1
Energy & Atmosphere				30Points
Y		Prereq 1	Energy Efficiency Best Management Practices - Planning, Documentation, and Opportunity Assessment	Required
Y		Prereq 2	Minimum Energy Efficiency Performance	Required
Y		Prereq 3	Refrigerant Management - Ozone Protection	Required
		Credit 1	Optimize Energy Efficiency Performance	15
		Credit 2.1	Existing Building Commissioning - Investigation and Analysis	2
		Credit 2.2	Existing Building Commissioning - Implementation	2
		Credit 2.3	Existing Building Commissioning - Ongoing Commissioning	2
		Credit 3.1	Performance Measurement - Building Automation System	1
		Credit 3.2	Performance Measurement - System-Level Metering, 40%	1
		Credit 3.3	Performance Measurement - System-Level Metering, 80%	1
		Credit 4.1	Renewable Energy - On-site 3% / Off-site 25%	1

		Credit 4.2	Renewable Energy - On-site 6% / Off-site 50%	1
		Credit 4.3	Renewable Energy - On-site 9% / Off-site 75%	1
		Credit 4.4	Renewable Energy - On-site 12% / Off-site 100%	1
		Credit 5	Refrigerant Management	1
		Credit 6	Emissions Reduction Reporting	1
<b>Materials &amp; Resources</b>				<b>14Points</b>
Y		Prereq 1	Sustainable Purchasing Policy	<b>Required</b>
Y		Prereq 2	Solid Waste Management Policy	<b>Required</b>
		Credit 1.1	Sustainable Purchasing- Ongoing Consumables, 40%	1
		Credit 1.2	Sustainable Purchasing- Ongoing Consumables, 60%	1
		Credit 1.3	Sustainable Purchasing- Ongoing Consumables, 80%	1
		Credit 2.1	Sustainable Purchasing - Durable Goods, electric	1
		Credit 2.2	Sustainable Purchasing - Durable Goods, furniture	1
		Credit 3	Sustainable Purchasing - Facility Alterations and Additions	1
		Credit 4.1	Sustainable Purchasing - Reduced Mercury in Lamps, 90 pg/lum-hr	1
		Credit 4.2	Sustainable Purchasing - Reduced Mercury in Lamps, 70 pg/lum-hr	1
		Credit 5	Sustainable Purchasing -Food	1
		Credit 6	Solid Waste Management - Waste Stream Audit	1
		Credit 7.1	Solid Waste Management - Ongoing Consumables, 50%	1
		Credit 7.2	Solid Waste Management - Ongoing Consumables, 70%	1
		Credit 8	Solid Waste Management - Durable Goods	1
		Credit 9	Solid Waste Management - Facility Alterations and Additions	1
<b>Indoor Environmental Quality</b>				<b>19 Points</b>
Y		Prereq 1	Outdoor Air Introduction and Exhaust Systems	<b>Required</b>
Y		Prereq 2	Environmental Tobacco Smoke (ETS)Control	<b>Required</b>
Y		Prereq 3	Green Cleaning Policy	<b>Required</b>
		Credit 1.1	IAQ Best Management Practices - IAQ Management Program	1
		Credit 1.2	IAQ Best Management Practices - Outdoor Air Delivery Monitoring	1
		Credit 1.3	IAQ Best Management Practices - Increased Ventilation	1
		Credit 1.4	IAQ Best Management Practices - Reduce Particulates in Air Distribution	1
		Credit 1.5	IAQ Best Management Practices - IAQ Management for Facility Alterations and Additions	1
		Credit 2.1	Occupant Comfort –Occupant Survey	1
		Credit 2.2	Occupant Comfort - Occupant Controlled Lighting	1
		Credit 2.3	Occupant Comfort - Thermal Comfort Monitoring	1
		Credit 2.4	Occupant Comfort - Daylight and Views, 50% Daylight / 45% Views	1
		Credit 2.5	Occupant Comfort - Daylight and Views, 75% Daylight / 90% Views	1
		Credit 3.1	Green Cleaning - High Performance Cleaning Program	1
		Credit 3.2	Green Cleaning - Custodial Effectiveness Assessment, < 3	1
		Credit 3.3	Green Cleaning - Custodial Effectiveness Assessment, < 2	1
		Credit 3.4	Green Cleaning - Sustainable Cleaning Products and Materials, 30%	1
		Credit 3.5	Green Cleaning - Sustainable Cleaning Products and Materials, 60%	1
		Credit 3.6	Green Cleaning - Sustainable Cleaning Products and Materials, 90%	1
		Credit 3.7	Green Cleaning - Sustainable Cleaning Equipment	1
		Credit 3.8	Green Cleaning -Entryway Systems	1
		Credit 3.9	Green Cleaning - Indoor Integrated Pest Management	1
<b>Innovation in Operations</b>				<b>7Points</b>

		Credit 1.1	Innovation in Operations	<b>1</b>
		Credit 1.2	Innovation in Operations	<b>1</b>
		Credit 1.3	Innovation in Operations	<b>1</b>
		Credit 1.4	Innovation in Operations	<b>1</b>
		Credit 2	LEED® Accredited Professional	<b>1</b>
		Credit 3	Documenting Sustainable Building Cost Impacts	<b>2</b>
<b>Project Totals (pre-certification estimates)</b>				<b>92 Points</b>
<b>Certified: 34-42 points, Silver: 43-50 points, Gold: 51-67 points, Platinum: 68-92</b>				

Fuente: (2009) U.S. Green Building Council "LEED for Existing Buildings: Operations & Maintenance Rating System"; U.S. Julio 2010

## **ANEXO G. GBC ESPAÑA. CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA VERDE DEL GBC ESPAÑA (GBCe, 2010a)**

### **A. Selección del sitio, proyecto de emplazamiento y planificación.**

- Estrategias para el reciclaje de residuos en la comunidad o proyecto
- Uso de plantas autóctonas
- Contaminación Lumínica

### **B. Energía y Atmósfera.**

- Uso de energía no renovable en los materiales de construcción
- Uso de energía no renovable para el transporte en los materiales de construcción
- Consumo de energía no renovable durante el uso, demanda y eficiencia de los sistemas
- Demanda de energía eléctrica en la fase de uso
- Producción de energía renovable en la parcela
- Emisiones de sustancias foto-oxidantes
- Emisiones de sustancias que reducen el ozono Estratosférico

### **C. Recursos Naturales.**

- Consumo de agua potable
- Retención de aguas de lluvia para su reutilización
- Reutilización de aguas grises
- Impactos de los materiales de construcción
- Estrategias para el desmontaje, reutilización y reciclado
- Impactos generados en el proceso de construcción, residuos de construcción

### **D. Calidad del espacio interior.**

- Eliminación, previa a la ocupación del edificio, de los contaminantes emitidos por materiales nuevos de acabados interiores
- Concentración de CO<sub>2</sub> en el aire interior
- Limitación a la velocidad de aire en las zonas con ventilación mecánica
- Eficiencia de la ventilación en las áreas con ventilación natural
- Confort hidro-térmico en los espacios con ventilación mecánica
- Confort térmico en los espacios con ventilación natural
- Iluminación natural en los espacios de ocupación primaria
- Deslumbramiento en las zonas de ocupación no residencial
- Nivel de iluminación y calidad de la luz en los puestos de trabajo
- Protección frente al ruido a través de la envolvente y zonas de ocupación primaria
- Protección frente al ruido a través de las salas de máquinas a las zonas de ocupación primaria
- Protección frente al ruido entre áreas de ocupación primaria

### **E. Calidad del Servicio.**

- Eficiencia de los espacios

- Eficiencia volumétrica
- Provisión y funcionamiento de un sistema de control de las instalaciones
- Capacidad de funcionamiento parcial de las instalaciones y sistemas técnicos
- Capacidad de control local del sistema de iluminación, en las áreas de ocupación no residencial
- Capacidad de control local de los sistemas de calefacción, refrigeración y ventilación, en las áreas de ocupación no residencial
- Posibilidad de modificación de las instalaciones técnicas en el edificio
- Adaptabilidad de los espacios. Limitaciones impuestas por la estructura
- Adaptabilidad de los espacios. Limitaciones impuestas por la altura de los pisos
- Adaptabilidad de los espacios. Limitaciones impuestas por las fachadas y las instalaciones técnicas
- Adaptabilidad a cambios futuros en el tipo de suministro energético
- Desarrollo e implementación de un plan de gestión de mantenimiento
- Monitorización y control del edificio durante el uso

#### F. Impacto socio económico.

- Estrategias para mejorar el acceso para personas discapacitadas
- Derecho al sol
- Acceso a espacios abiertos privados desde las viviendas
- Protección a las vistas desde el exterior del interior de las viviendas
- Acceso visual desde las áreas de trabajo
- Coste de construcción
- Coste de mantenimiento
- Incentivo por la venta ó el alquiler

La lista de impactos incluidos en el sistema de evaluación VERDE del GBC España se muestra en la tabla que se presenta a continuación:

**TABLA G1. Lista de impactos del sistema de evaluación VERDE (GBCe, 2010a).**

IMPACTO	INDICADOR
Cambio Climático	kg de CO <sub>2</sub> eq
Aumento de las radiaciones UV a nivel del suelo	kg de CFC11 eq
Perdida de fertilidad	kg de SO <sub>2</sub> eq
Perdida de vida acuática	kg de PO <sub>4</sub> eq
Producción de cáncer y otros problemas de salud	kg de C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> eq
Cambios en la biodiversidad	%
Agotamiento de energía no renovable, energía primaria	MJ
Agotamiento de recursos no renovable diferente de la energía primaria	kg de material
Agotamiento de agua potable	m <sup>3</sup>
Uso del suelo	m <sup>2</sup>
Agotamiento de suelo para depósito de residuos no peligrosos	m <sup>3</sup>
Peligro por la disposición o almacenamiento de residuos peligrosos	Kg
Peligro por la disposición o almacenamiento de residuos radiactivos	Kg
Salud, bienestar y productividad para los usuarios	%
Riesgo financiero o beneficios por los inversores-Coste del Ciclo de Vida	€/m <sup>2</sup>

## ANEXO H. PROCESO DE ACREDITACIÓN DE PROFESIONALES PARA LA VERIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE

En general los requisitos para ser un evaluador acreditado incluyen la aprobación de un examen en el que se evalúan los conocimientos y las habilidades adquiridas en el campo de la construcción, así como la comprobación de años de experiencia.

Los requisitos para cada sistema se detallan a continuación:

### H.1. Proceso de acreditación para Energy Star<sup>16</sup>

- La verificación del sistema *Energy Star* se realiza por un Ingeniero Profesional, éste debe cumplir con los siguientes requisitos:
  - Haber obtenido el grado de Ingeniero de una junta de acreditación de ingeniería y tecnología de alguna universidad con un programa de 4 años.
  - Aprobar la evaluación escrita, ésta evalúa la comprensión de principios de ingeniería básica y opcionalmente algunos elementos de una especialidad de ingeniería.
  - El cumplimiento de los puntos anteriores generalmente son suficientes para obtener una certificación en los Estados Unidos como Ingeniero en entrenamiento.
  - Tener experiencia en el campo de la ingeniería. En algunos estados se requieren 4 años de experiencia, pero en otros pueden ser menos años.
  - Aprobar la evaluación escrita de principios y práctica de la ingeniería, ésta evalúa el conocimiento aplicado y las habilidades en alguna de las ingenierías (civil, eléctrica, industrial, mecánica, etc.), así como de la ética en la ingeniería.

### H.2. Proceso de acreditación para LEED.<sup>17</sup>

Para obtener la credencial de LEED se deben cumplir los siguientes pasos:

- Obtener el manual correspondiente a la credencial que se quiera obtener en la página web<sup>18</sup> del Instituto de Certificación de Construcción Verde, GBCI por sus siglas en inglés.
- Determinar si se cumple con los requerimientos de elegibilidad. Los requerimientos de elegibilidad se cumplen al tomar los talleres que imparten en el USGBC, que también ayuda a prepararse para la evaluación. Para presentar el examen LEED AP se debe tener experiencia previa en proyectos LEED registrados en los 3 años anteriores a la solicitud de acreditación.

---

<sup>16</sup> Toda la información detallada se encuentra en la página:

[http://www.energystar.gov/ia/partners/blrs\\_lenders\\_raters/downloads/VOO\\_Note.pdf](http://www.energystar.gov/ia/partners/blrs_lenders_raters/downloads/VOO_Note.pdf)

<sup>17</sup>Toda la información detallada se encuentra en la página: <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=1815>

<sup>18</sup> En esta página se encuentran los manuales correspondientes a los diferentes categorías de LEED

<http://www.gbc.org/main-nav/professional-credentials/resources/candidate-handbooks.aspx>

- Registrarse en la página web gbci.org para realizar el examen.
- Presentar el examen y esperar los resultados de la evaluación.
- Si aprueba el examen, su certificado se entrega o envía electrónicamente 2 o 3 meses después de haber aprobado.

### **H.3. Proceso de acreditación LBC.<sup>19</sup>**

Los requisitos para obtener el puesto<sup>20</sup> de Gerente de Certificación en el Instituto Internacional de Construcción de Vivienda se detallan a continuación:

- 5 – 7 años de experiencia en el área de construcción sustentable, además de contar con conocimientos de los beneficios en el ambiente, salud y economía de la construcción sustentable.
- Grado Profesional de Arquitecto, Ingeniero, Diseñador de interiores.
- Experiencia en el campo de construcción sustentable, que de preferencia hayan implementado el programa *Living Building Challenge* o el LEED, aunque no es obligatorio.

### **H.4. Proceso de acreditación VERDE.<sup>21</sup>**

**El Green Building Council GBC España** tiene establecidos unos requisitos para la emisión de la acreditación de evaluadores, EAVERDE, que se detalla a continuación:

#### **Acreditación inicial.**

El Director Técnico del Área de Certificación de **GBC España** es el responsable de realizar la evaluación inicial del cumplimiento de los requisitos de competencia técnica establecidos para su acreditación por parte de los solicitantes de la acreditación.

Los requisitos establecidos son:

- Formación: El solicitante deberá acreditar, con documentación de titulación universitaria reconocida de grado medio o superior relacionada con la construcción y/o la gestión ambiental.

---

<sup>19</sup> Toda la información detallada se encuentra en la página:

<http://www.cagbc.org/database/rte/ILBI%20Certification%20Manager.pdf>

<sup>20</sup> En la búsqueda de requisitos para verificadores acreditados, se encontró la publicación de los requisitos para obtener el puesto. Aquí se detallan los requisitos técnicos y se omitieron otros que no se consideraron relevantes, para el objetivo de este documento, que aparecen en dicha publicación.

<sup>21</sup>Toda la información detallada se encuentra en la página: <http://www.gbce.es/certificacion/requisitos-evaluadores>

- Experiencia Laboral: El solicitante deberá acreditar experiencia laboral en empresas promotoras, constructoras u oficinas técnicas de arquitectura o ingeniería igual o superior a 18 meses.
- Pruebas y/o exámenes específicos para la acreditación: El solicitante deberá haber superado los exámenes específicos para la acreditación de evaluadores realizados por GBC España.

Una vez comprobado el cumplimiento de la totalidad de los requisitos establecidos la Dirección General de **GBC España** emite las correspondientes.

#### **Proceso de acreditación para Unidades de Verificación de Comisión Nacional para el Uso Eficiente de Energía (CONNUE).<sup>22</sup>**

La verificación es la constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos, que se realiza para evaluar la conformidad de una Norma Oficial Mexicana (NOM).

Dicha verificación puede ser solicitada a petición de la parte interesada a las Unidades de Verificación acreditadas y aprobadas para obtener los dictámenes de cumplimiento con las NOM.

#### **H.5. Unidades de Verificación.**

Con el propósito de evaluar el grado de cumplimiento con las NOM de eficiencia energética, se desarrollan las actividades de verificación por las Unidades de Verificación acreditadas por la **Entidad Mexicana de Acreditación A.C.** y aprobadas por la Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía.

La vigencia de la acreditación y aprobación de una Unidad de Verificación de eficiencia energética, es de cuatro años y su validez queda sujeta a las evaluaciones que realice la Conuee o la EMA, en sitio a efecto de constatar que la unidad de verificación en su estructura y funcionamiento, cumple cabalmente con las disposiciones de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización y los ordenamientos que derivan de ella.

El proceso de acreditación se describe en las siguientes figuras:

EMA:

Recibe la solicitud de acreditación de la unidad de verificación

EMA programa visita:

Evaluación inicial  
Evaluación de seguimiento  
Evaluación de renovación

El proceso de evaluación se detalla en la siguiente figura:

---

<sup>22</sup> Toda la información detallada se encuentra en la página:  
[http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_257\\_verificacion](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_257_verificacion)

**Evaluación:**

- Grupo evaluador:
- ema
  - Representante de la Conuee

Evaluación documental

- Aseguramiento de la calidad
- Procedimientos

Evaluación técnica

- Conocimiento de la NOM
- Aplicación del PEC
- Informe técnico

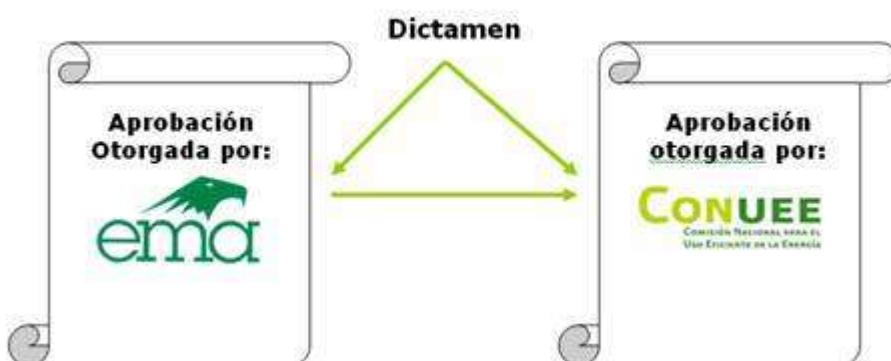
**Unidad de verificación:**

Resultados de la evaluación

- La unidad de verificación cumple satisfactoriamente la evaluación  
Hay observaciones del grupo evaluador, la unidad de verificación presenta acciones correctivas (ante ema y CONUEE)  
La unidad de verificación no está preparada, solicita nueva visita

Cuando la evaluación es satisfactoria la EMA y la Conuee emiten un dictamen de aprobación

**Si cumple satisfactoriamente la evaluación:**



## ANEXO I. MEMORIA DE CÁLCULO DE LA ECUACIÓN DE REGRESIÓN

Este estudio se realizó en primera instancia mediante regresiones lineales y correlaciones de cada una de las variables, para después describir la relación entre todas las variables en razón de un análisis de regresión múltiple.

Para ello se utilizó una base de datos disponible en internet de edificios habilitados para oficinas de la Administración Pública Federal<sup>23</sup> y se hizo un análisis para tres modelos:

- Usando consumo de energía como variable dependiente,
- Usando consumo de energía dividido por la superficie construida como variable dependiente, y
- Usando consumo de energía dividido por la superficie construida como variable dependiente pero, con las transformaciones de las variables independientes que sugiere *Energy Star*.

### I.1. Conceptos.

*Análisis de Correlación:* el análisis de correlación es el estudio para medir la asociación entre dos variables.

*Variable Dependiente:* Es la variable que se predice o se estima. Se muestra en una gráfica en el eje "y".

*Variable Independiente:* Es la variable que proporciona la base para la estimación, es la variable de pronóstico de la variable dependiente. Se muestra en una gráfica en el eje "x".

*Coeficiente de Correlación:* el coeficiente de correlación describe la fuerza de la relación entre dos conjuntos de variables. Puede tomar cualquier valor desde -1.00 hasta 1.00. Un coeficiente de 1 sea positivo o negativo indica una correlación perfecta. Si las variables no tienen ninguna relación el coeficiente será cero. Un signo positivo indica una correlación positiva y un signo negativo indica que la correlación es inversa.

*Coeficiente de Determinación:* El coeficiente de determinación es la proporción de la variación total en la variable dependiente que se explica, por la variación en la variable independiente.

*Análisis de regresión:* el análisis de regresión expresa la relación entre una variable dependiente con base en una variable independiente, la relación entre estas variables debe ser lineal. Este análisis arroja una ecuación que se determinó mediante el criterio de mínimos cuadrados.

*Ecuación de regresión:* la recta de regresión se establece mediante la forma de mínimos cuadrados  $\hat{Y} = a + bX$

Donde:

---

<sup>23</sup>(2009) Comisión Nacional para el Uso Eficiente de la Energía “Programa de Ahorro de Energía en Inmuebles de la APF” en [http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA\\_1648\\_listado\\_de\\_oficinas/\\_rid/3113/\\_mto/3/\\_wst/maximized?url2print=%2Fwb%2FCONAE%2FCONA\\_1648\\_listado\\_de\\_oficinas\\_&seccion=1648&imp\\_act=imp\\_step3&page=0&psistema=ListaInstalacionesVar.jsp](http://www.conae.gob.mx/wb/CONAE/CONA_1648_listado_de_oficinas/_rid/3113/_mto/3/_wst/maximized?url2print=%2Fwb%2FCONAE%2FCONA_1648_listado_de_oficinas_&seccion=1648&imp_act=imp_step3&page=0&psistema=ListaInstalacionesVar.jsp)

$\hat{Y}$ : es el valor estimado de Y para un valor seleccionado en X

a: es la constante o intersección

b: es la pendiente de la recta ajustada

X: es el valor de la variable independiente

*Análisis de regresión múltiple:* el análisis de regresión múltiple es el análisis de correlaciones y regresiones en donde se emplea más de una variable independiente que ayudan a explicar mejor la variable dependiente.

*Ecuación de regresión múltiple:* la forma descriptiva general de una ecuación lineal múltiple es  $\hat{Y} = a + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_jX_j$

Donde:

$\hat{Y}$  : Es la variable dependiente, el valor estimado de Y

a: es la intersección, el valor Y cuando todas las X son cero

$b_j$ : es la cantidad en Y cambia cuando esa  $X_j$  particular aumenta una unidad, con los valores de todas las demás variables independientes mantenidas constantes. En general, el subíndice es un número entero entre 1 y "j" el cual es el número de variables independientes.

## I.2. El análisis de correlación y de regresión lineal.

### *CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA COMO VARIABLE DEPENDIENTE.*

Analizando mediante regresiones lineales y correlaciones, el consumo de energía eléctrica como variable dependiente y revisando con cada una de las variables independientes, se obtiene lo siguiente:

### *CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA VS SUPERFICIE CONSTRUIDA.*

La regresión lineal considerando consumo de energía eléctrica como variable dependiente y superficie construida como variable independiente, muestra que tienen un coeficiente de correlación de 0.79 que indica una asociación positiva fuerte<sup>24</sup> entre dichas variables.

Seguidamente se obtuvo el coeficiente de determinación, que ofrece la proporción de la variación total en la variable dependiente que se explica por la variación en la variable independiente. Para este caso particular el coeficiente de determinación fue de 0.6251 y cómo este coeficiente es una proporción o un porcentaje, es posible decir que el 62.5% de la variación en el consumo de energía eléctrica se puede explicar por la variación en la superficie construida (Figura I1).

Un coeficiente de determinación como el obtenido (0.62) nos muestra entonces que un aumento o disminución del área construida causa un cambio en el consumo de energía eléctrica.

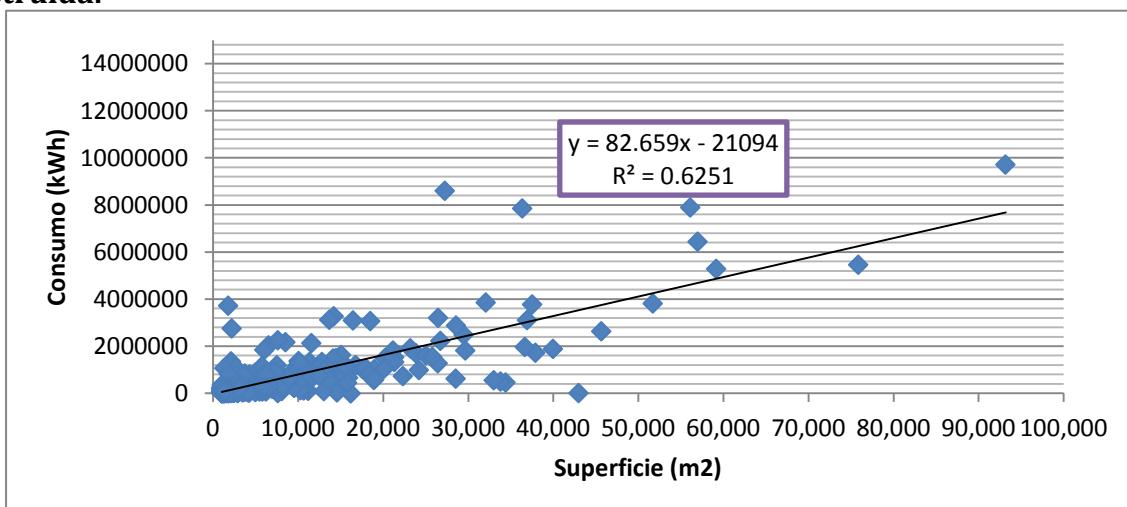
La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{Consumo de Energía Eléctrica} = -21,094 + 82.7 * \text{Superficie Construida}$$

---

<sup>24</sup> El coeficiente de correlación describe la fuerza de relación entre dos conjuntos de variables. Se designa con la letra "r" y puede adoptar valores de -1.00 a 1.00. Un coeficiente fuerte, considerado "una correlación perfecta" sería -1.00 o bien 1.00, el signo ofrece el sentido lineal: positivo o negativo. Si las variables no tienen relación alguna la "r" sería cero, por lo tanto un coeficiente cercano a cero indica que la relación lineal es muy débil y un valor cercano a -1.00 o a 1.00 es que tiene una relación lineal fuerte.

**Figura I.1. Regresión lineal para el consumo de energía eléctrica y la superficie construida.**



Fuente: Elaboración propia

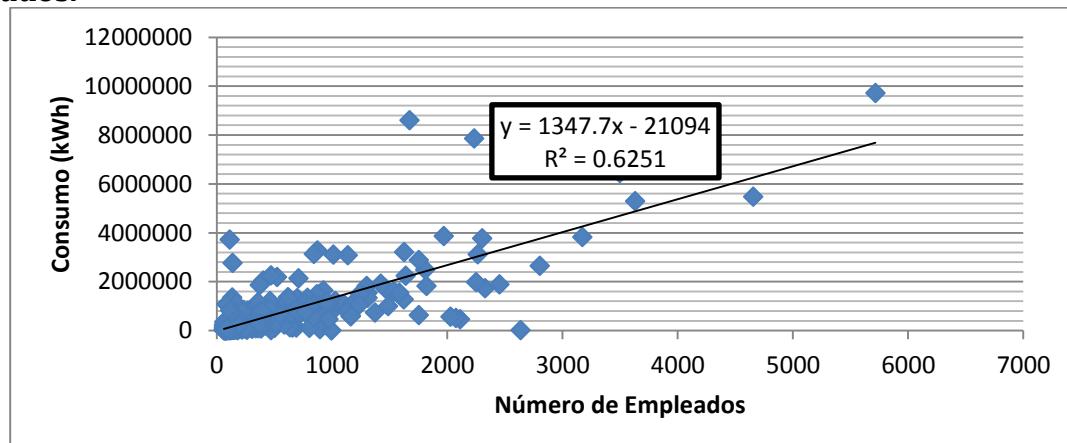
**CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA VS NÚMERO DE EMPLEADOS.**

Se hace notar antes de expresar éste análisis que debido a que la base de datos que se tiene no tiene información referente a número de empleados ni número de computadoras, por lo que se estimó mediante un indicador<sup>25</sup> de 0.92 personas por cada 15 m<sup>2</sup>, debido a lo anterior, las variables número de empleados y superficie construida tienen una coeficiente de correlación perfecto (de 1), por lo que el análisis de correlación (0.79) y de coeficiente de determinación (0.6251) expresan lo mismo que en el análisis de superficie construida.

La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{Consumo de Energía Eléctrica} = -21,094 + 1,348 \times \text{Número de empleados}$$

**Figura I.2. Regresión lineal para el consumo de energía eléctrica y el número de empleados.**



Fuente: Elaboración propia

<sup>25</sup>(2005) Escobedo Izquierdo M. A. "Indicadores energéticos de iluminación para inmuebles destinados al uso de oficinas públicas caso: centro del País" Tesis para obtener el grado de Maestra en Ingeniería UNAM, México.

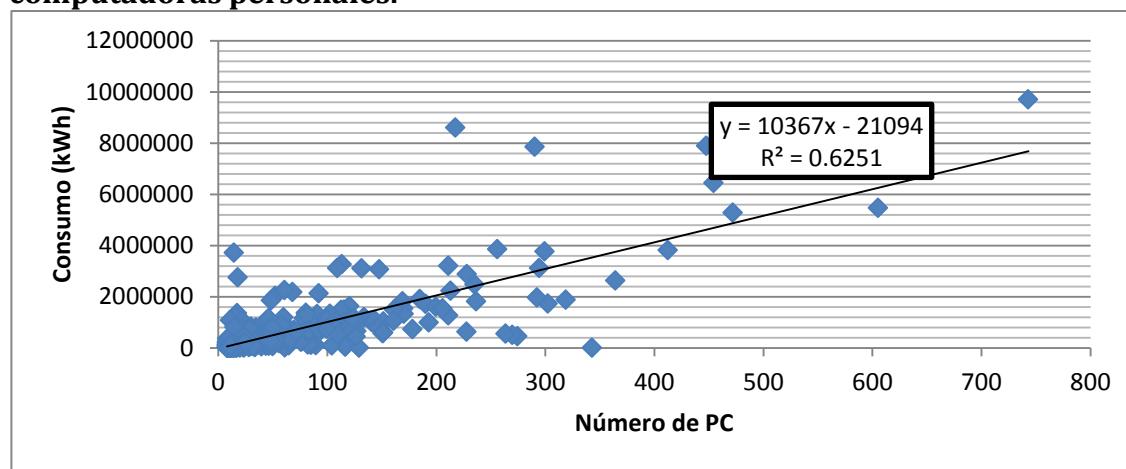
*CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA VS NÚMERO DE COMPUTADORAS PERSONALES.*

Como se mencionó en el punto anterior la base de datos que se tiene no cuenta con información referente a número de computadoras por lo que se empleo el indicador<sup>26</sup> de 13 computadoras personales por cada 100 empleados y como éste último también se obtuvo de un indicador basado en la superficie construida, las variables número de computadoras y superficie construida tiene un coeficiente de correlación perfecto, y de ello el análisis de correlación y del coeficiente de determinación resultan igual al análisis de superficie construida

La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{Consumo de Energía Eléctrica} = -21,094 + 10,367 \times \text{Número de computadoras personales.}$$

**Figura I.3. Regresión lineal para el consumo de energía eléctrica y el número de computadoras personales.**



Fuente: Elaboración propia

*CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA VS HORAS DE OPERACIÓN A LA SEMANA.*

La regresión lineal considerando consumo de energía eléctrica como variable dependiente y horas de operación por semana, como variable independiente, muestra que tienen un coeficiente de correlación de -0.11 que indica una asociación negativa muy débil entre dichas variables.

El coeficiente de determinación obtenido fue de 0.012, esto quiere decir que, el 1.2% de la variación en el consumo de energía eléctrica se puede reflejar por la variación en el número de horas de operación del edificio a la semana (Figura I4). Éste coeficiente obtenido muestra también que un aumento o disminución del número de empleados no causará un cambio considerable en el consumo de energía del edificio.

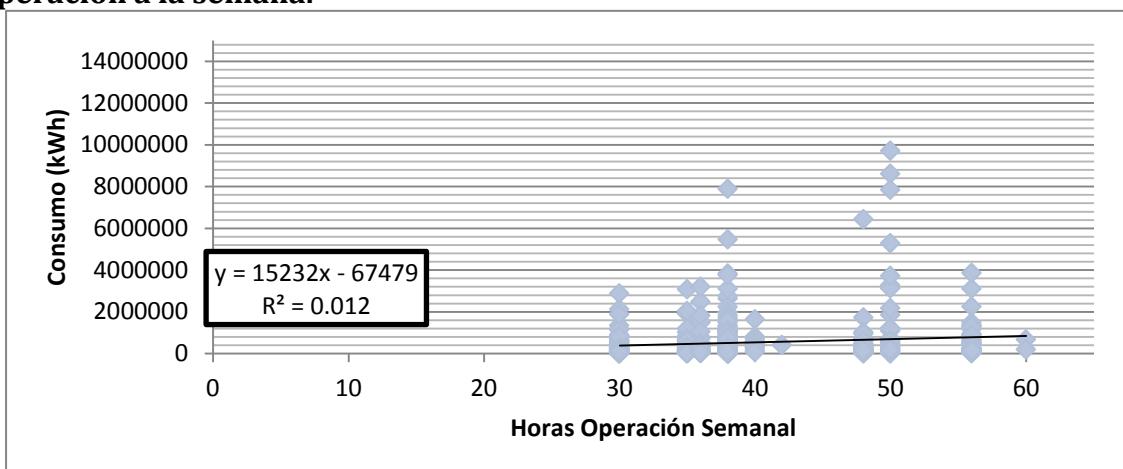
La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{Consumo de Energía Eléctrica} = -67,479 + 15,232 \times \text{Número de horas de operación por semana.}$$

---

<sup>26</sup> (2008) Gil-García J.R., Mariscal J. y Ramírez F. "Gobierno Electrónico en México" CIDE, México

**Figura I.4. Regresión lineal para el consumo de energía eléctrica y el número de horas de operación a la semana.**



Fuente: Elaboración propia

*CONSUMO DE ENERGÍA ELÉCTRICA VS GRADOS DÍA DE REFRIGERACIÓN<sup>27</sup> (CDD POR SUS SIGLAS EN INGLÉS)  
MULTIPLICADA POR EL PORCENTAJE DE ENFRIAMIENTO.*

La regresión lineal considerando consumo de energía eléctrica como variable dependiente y Grados día de refrigeración multiplicada por el porcentaje de enfriamiento, como variable independiente, muestra que tienen un coeficiente de correlación de 0.15 que indica una asociación positiva muy débil entre dichas variables.

El coeficiente de determinación que resultó fue de 0.002, esto que el 0.2% de la variación en el consumo de energía eléctrica se puede explicar por la variación de los grados día de refrigeración y el porcentaje de enfriamiento. Esto es, el coeficiente de determinación indica que es muy poco lo que el consumo de energía cambia si aumenta o disminuye la temperatura exterior del edificio.

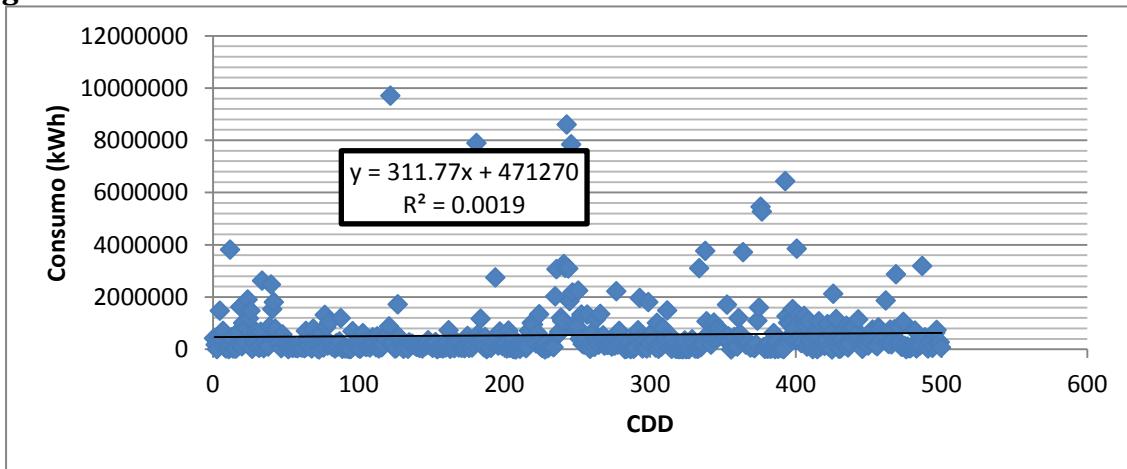
Se hace notar que los resultados expresan que los edificios de oficina en el país, particularmente, los ubicados en el Distrito Federal, usan el aire acondicionado por la temperatura que el edificio tiene en el interior (y que se debe al tipo de construcción que tiene) y casi nunca se relaciona con la temperatura exterior.

La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{Consumo de Energía Eléctrica} = 471,270 + 311.8 \times \text{GradosdíaRefrigeración}$$

<sup>27</sup> Número de días con una temperatura mayor a los 18°C en una localidad durante un año multiplicado por el porcentaje de enfriamiento utilizado en el edificio. Estos datos se pueden obtener en (2010) Energía, Tecnología y Educación S.C. “Zonas Térmicas para la Aplicación de la NMX-C-460-ONNCEE-2009” AEAEPE

**Figura I.5. Regresión lineal para el consumo de energía eléctrica y los grados día de refrigeración.**



Fuente: Elaboración propia.

### I.3. El consumo de energía eléctrica entre la superficie construida ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ ) como variable dependiente.

Analizando mediante regresiones lineales, el indicador: consumo de energía eléctrica entre superficie construida ( $\text{kWh}/\text{m}^2$ , a partir de aquí) como variable dependiente y revisando con cada una de las variables independientes, resultó que con ninguna de las variables estudiadas se tenía un coeficiente de determinación mayor al un porciento; veamos algunos ejemplos:

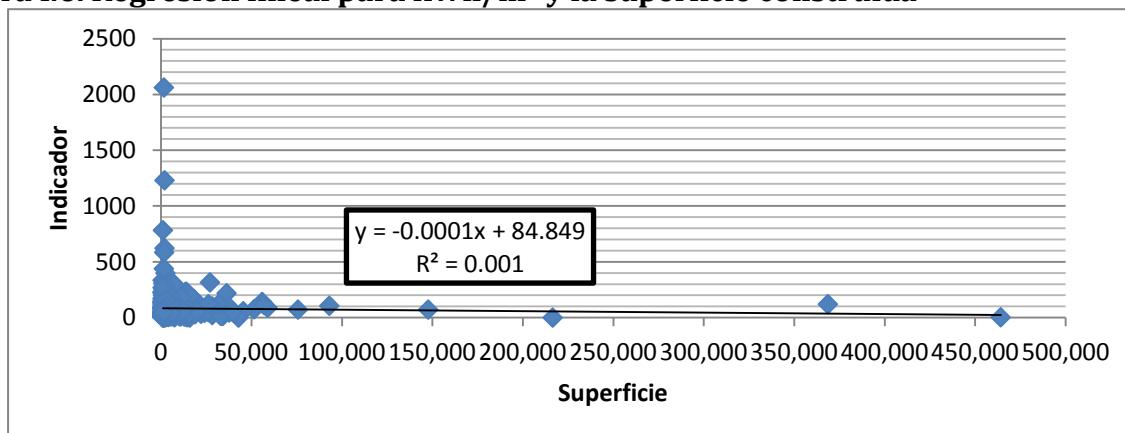
$\text{kWh}/\text{m}^2$  vs *superficie construida*.

La regresión lineal considerando  $\text{kWh}/\text{m}^2$  como variable dependiente y superficie construida como variable independiente, tiene como coeficiente de correlación -0.031 que indica una asociación negativa muy débil.

El coeficiente de determinación para este caso particular fue de 0.001, esto significa que el 0.1% de la variación en el indicador  $\text{kWh}/\text{m}^2$  se puede deber a la variación en la superficie construida (Figura I6).

La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{kWh}/\text{m}^2 = 84.85 - 0.0001 * \text{Superficie construida}$$

**Figura I.6. Regresión lineal para kWh/m<sup>2</sup> y la superficie construida**

Fuente: Elaboración propia

*kWh/m<sup>2</sup> vs número de empleados ó número de computadoras personales.*

Al igual que en el análisis del modelo anterior, los resultados obtenidos para el número de empleados y número de computadoras personales son idénticos a los obtenidos para superficie construida, motivo por el cual se omite en este espacio.

*kWh/m<sup>2</sup> vs horas de operación a la semana.*

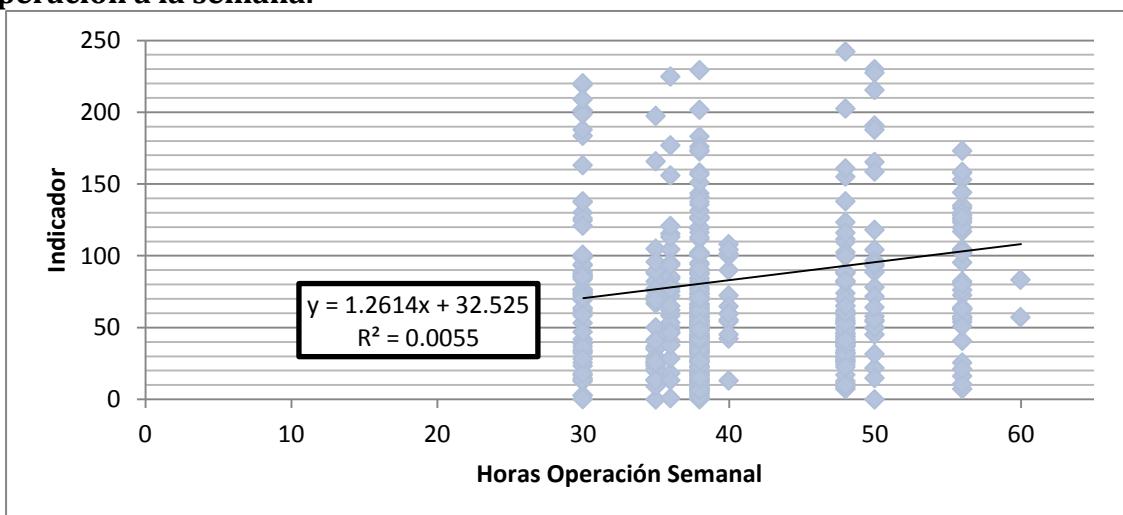
La regresión lineal considerando kWh/m<sup>2</sup> como variable dependiente y horas de operación por semana, como variable independiente, muestra que tienen un coeficiente de correlación de 0.0739 que indica una asociación positiva muy débil entre dichas variables.

El coeficiente de determinación que se obtuvo fue de 0.0055, esto puede expresar que el 0.55% de la variación en el indicador kWh/m<sup>2</sup> se puede explicar por la variación en el número de horas de operación del edificio a la semana (Figura I7). Éste coeficiente obtenido muestra también que un aumento o disminución del número de empleados no causará un cambio significativo en el indicador kWh/m<sup>2</sup>.

La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{kWh/m}^2 = 32.5 - 1.26 \times \text{Número de horas de operación por semana.}$$

**Figura I17. Regresión lineal para el consumo de energía eléctrica y el número de horas de operación a la semana.**



Fuente: Elaboración propia

*kWh/m<sup>2</sup> vs Grados día de refrigeración (CDD por sus siglas en inglés) multiplicada por el porcentaje de enfriamiento.*

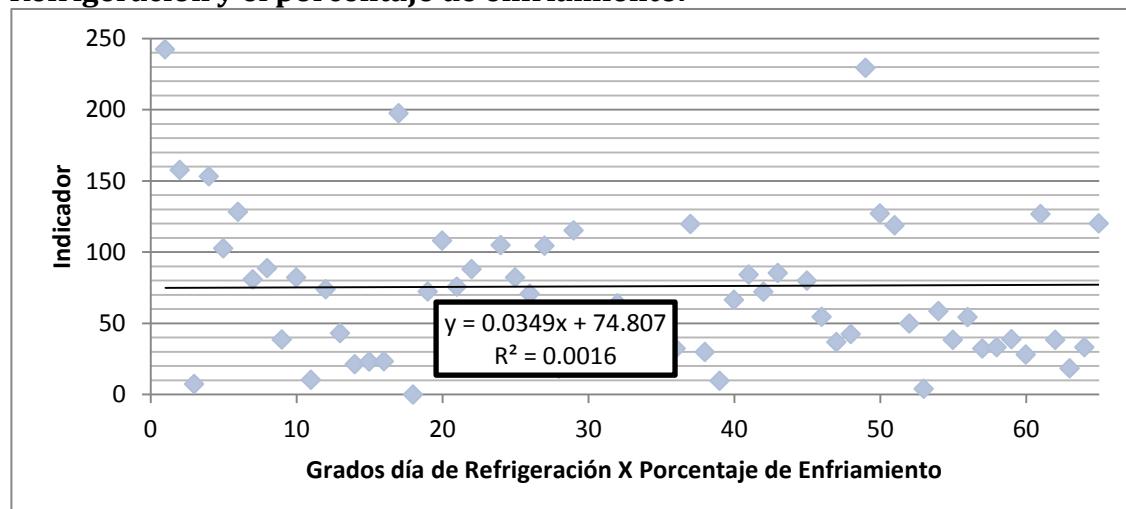
La regresión lineal considerando kWh/m<sup>2</sup> como variable dependiente y número de equipos de aire acondicionado en la edificación, como variable independiente, resulta en un coeficiente de correlación de 0.068 que indica una asociación muy débil entre dichas variables.

El coeficiente de determinación obtenido fue de 0.002, esto significa que el 0.2% de la variación en el indicador kWh/m<sup>2</sup> se puede deber por la variación en el número de equipos de aire acondicionado (Figura H8).

La ecuación lineal obtenida para este análisis fue:

$$\text{kWh/m}^2 = 74.81 + 0.035 \times \text{Número equipos de aire acondicionado}$$

**Figura I.8. Regresión lineal para el consumo de energía eléctrica y los Grados días de Refrigeración y el porcentaje de enfriamiento.**



Fuente: Elaboración propia.

*El consumo de energía eléctrica entre la superficie construida (kWh/m<sup>2</sup>) como variable dependiente con las transformaciones de las variables independientes que sugiere Energy Star.*

Analizando mediante regresiones lineales, el indicador kWh/m<sup>2</sup> como variable dependiente y transformando<sup>28</sup> cada una de las variables independientes como lo sugiere Energy Star, se obtiene lo siguiente:

#### *kWh/m<sup>2</sup> vs logaritmo natural de Superficie construida.*

La regresión lineal considerando kWh/m<sup>2</sup> como variable dependiente y el logaritmo natural de la superficie construida como variable independiente, tiene como coeficiente de correlación -0.029 que indica una asociación negativa muy débil, asimismo se obtuvo un coeficiente de determinación de 0.0008; los resultados obtenidos observan que tanto la correlación entre las variables, así como su coeficiente de determinación son mucho menores que en el ejercicio trabajado con estas variables en el modelo anterior y sin transformar la variable, por lo que se concluye en este punto que para México, no se necesitaría la transformación de la variable independiente "Superficie construida".

#### *kWh/m<sup>2</sup> vs Logaritmo natural del número de empleados y número de computadoras.*

Al igual que en el análisis en el primer modelo, los resultados obtenidos para el número de empleados y número de computadoras personales, aún con las transformaciones sugeridas por Energy Star, se vuelven muy parecidos a los obtenidos para superficie construida –esto se debe a que se elaboraron mediante un indicador que depende de ésta última--, motivo por el cual se omite en este espacio.

#### *kWh/m<sup>2</sup> vs Logaritmo natural de horas de operación a la semana.*

Al hacer la regresión lineal considerando kWh/m<sup>2</sup> como variable dependiente y el logaritmo natural de horas de operación por semana, como variable independiente, resulta un coeficiente de correlación de 0.0644 que indica una asociación positiva muy débil entre dichas variables, además el

<sup>28</sup> Estadísticamente las variables tanto la dependiente como las independientes pueden ser transformadas para lograr una mayor correlación entre ellas y un coeficiente de determinación con ofrecer una explicación más clara de su significancia entre ellas.

coeficiente de determinación que se obtuvo fue de 0.0042, esto puede expresar que el 0.4% de la variación en el indicador kWh/m<sup>2</sup> se puede explicar por la variación en el número de horas de operación del edificio a la semana.

Cómo se observa la variable “número de horas operación a la semana” tanto en el modelo anterior como en éste, en donde se transforma la variable para buscar mayor correlación entre variables, no muestra correlación ni significancia al indicador kWh/m<sup>2</sup>. Se elaboraron más ejercicios con diferentes transformaciones<sup>29</sup> sin lograr aumento en la correlación o significancia en la variable dependiente.

*kWh/m2 vs Grados día de refrigeración multiplicada por el porcentaje de enfriamiento.*

El programa *Energy Star* trabaja en este punto con una variable independiente no transformada sino combinada los grados días de refrigeración multiplicados por el porcentaje de enfriamiento utilizado y éste ejercicio ya se llevó a cabo en el modelo anterior.

#### I.4. Resultados del análisis de correlación y de regresión simple.

Del análisis de correlación y de regresión lineal simple de las variables dependientes e independientes una a una se obtuvieron como resultados los siguientes puntos:

- Los coeficientes de correlación y determinación tomando como variable dependiente solamente “consumo de energía” son más fuertes y significantes que los expresados por el indicador kWh/m<sup>2</sup>
- Se rechazó el uso de las variables independientes “Número de empleados” y “Número de computadoras personales” por no contar con la información en la base de datos y tomando en cuenta que haciendo el análisis mediante indicadores basados en otra variable independiente “Superficie construida” no aportan mayor relevancia que la que ésta última tiene en el análisis.
- Las sugerencias de transformación de variables para darles mayor relación y significancia ofrecidas por *Energy Star* no surten el mismo efecto en las variables trabajadas en el país, esto es: no es necesario aplicar la transformación de logaritmo natural en las variables “Superficie construida” ni en “Horas operación a la semana” ya que ofrece resultados parecidos o menores a las variables sin transformación.

*Análisis de regresión múltiple.*

Los valores de los coeficientes de la ecuación de regresión múltiple se determinan mediante el método de mínimos cuadrados, esto es la suma de las diferencias elevadas al cuadrado entre los valores ajustados y reales de la variable dependiente “y” tan pequeño como sea posible. Estos cálculos son muy laboriosos, por lo que suelen realizarse mediante un paquete software estadístico. En este caso se utilizó el programa STATA 11.

Mediante este programa estadístico se hicieron varias pruebas para llegar a la ecuación que más determine mediante las variables independientes a la variable dependiente: La pruebas se realizaron

---

<sup>29</sup> Se utilizó las transformaciones más comunes en probabilidad y estadística como: elevar al cuadrado, sacar raíz cuadrada o el reciproco... entre otros.

con “kWh/m<sup>2</sup>” y con “consumo de energía eléctrica” como variables dependientes y con todas las variables independientes, de lo cual se obtuvo:

**I.5. Consumo de Energía como variable dependiente vs Superficie construida, número de empleados, cantidad de computadoras personales, horas de operación semanales y grados día de refrigeración, como variables independientes.**

La regresión múltiple final obtenida por mínimos cuadrados ponderados a un conjunto de 671 observaciones, con consumo de energía eléctrica como variable dependiente y superficie, número de empleados, número de computadoras, horas de operación y grados día de refrigeración como variables independientes fue:

El modelo observa un coeficiente de determinación de 0.6278 lo que indica que este modelo explica el 62.78% de la varianza en el consumo de energía en los edificios habilitados para oficinas. El modelo obtenido se muestra en el Cuadro I1.

**Cuadro I.1. Resultado final del modelo de regresión.**

Variable	Coeficientes	Error Estándar	Valor t	Importancia (p-nivel)
<b>Constante</b>	-434,634	157,138	-2.77	0.006
<b>Superficie</b>	-2,049	6,251	-0.33	-0.33
<b>Empleados</b>	40,131	101,111	0.40	0.40
<b>Computadoras</b>	-41,364	97,157	-0.43	0.670
<b>GradosdíaRef</b>	-0.562	0.6922	-0.81	0.417
<b>HorasOper</b>	10,221	3,790	2.70	0.007

El modelo muestra que sólo la variable: horas operación es significativa a un nivel de confianza del 95%. Todas las demás variables de éste modelo responden a niveles de confianza que no rebasan el 70%, motivos por los cuales se repite el ejercicio con distintas variables.

La ecuación de regresión obtenida para esta evaluación fue:

$$\text{Consumo de energía} = -594,249.5 -2,059 * \text{SuperficieConstruida} + 43,819 * \text{NúmeroEmpleados} - 68,500 * \text{NúmerodeComputadoras} + 8,996 * \text{HorasdeOperación} + 86.9 * \text{GradosdíaRefrigeración}$$

**I.6. Indicador (kWh/m<sup>2</sup>) como variable dependiente vs Superficie construida, número de empleados, cantidad de computadoras personales, horas de operación semanales y grados día de refrigeración, como variables independientes.**

La regresión múltiple final obtenida por mínimos cuadrados ponderados a la muestra referida con anterioridad con el indicador kWh/m<sup>2</sup> como variable dependiente y superficie, número de empleados, número de computadoras, horas de operación y grados día de refrigeración como variables independientes fue:

El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) tuvo un valor de 0.0098 lo que indica que este modelo explica apenas el 1% de la varianza en el consumo de energía por metro cuadrado en los edificios habilitados para oficinas. Este es un coeficiente extremadamente bajo, por lo que se correrá de nuevo el programa con otras variables.

El modelo obtenido se muestra en el Cuadro I.2.

**Cuadro I.2. Resultado final del modelo de regresión.**

Variable	Coeficientes	Error Estándar	Valor t	Importancia (p-nivel)
<b>Constante</b>	34.8	31.7	1.10	0.273
<b>Superficie</b>	-0.685	1.26	-0.54	0.587
<b>Empleados</b>	14.2	20.39	0.70	0.485
<b>Computadoras</b>	-23.6	19.6	-1.20	0.229
<b>GradosdíaRef</b>	-0.0004	.00014	-0.28	0.778
<b>HorasOper</b>	1.26	0.764	1.65	0.1

El modelo muestra que ninguna variable responde a niveles de confianza mayores al 78%, más bien se obtuvieron del 50%; unido a esto, el coeficiente de determinación obtenido, como se observó arriba, es demasiado bajo, motivos por los cuales se repite el ejercicio con distintas variables.

La ecuación de regresión obtenida para esta evaluación fue:

$$kWh/m^2 = 35 - 0.7 * SuperficieConstruida + 14.2 * NúmeroEmpleados - 24 * NúmerodeComputadoras + 1.3 * HorasdeOperación - 0.0004 * GradosdíaRefrigeración$$

**I.7. Indicador (kWh/m<sup>2</sup>) como variable dependiente vs logaritmo natural de: superficie, número de empleados y horas operación; número de computadoras y grados días de refrigeración como variables independientes.**

En las pruebas anteriores no se ha encontrado aún la ecuación de regresión que determine al menos a un nivel de confianza considerable la variable dependiente, motivos por los cuales se decidió probar con las transformaciones sugeridas por *Energy Star* para algunas variables independientes como superficie, número de empleados y horas operación; esto a pesar que en el análisis de regresión simple no aporto mayores resultados.

La regresión múltiple final obtenida para los datos en estudio con el indicador kWh/m<sup>2</sup> como variable dependiente y logaritmo natural del superficie, logaritmo natural de número de empleados, número de computadoras, logaritmo natural de horas de operación y grados día de refrigeración como variables independientes fue:

El valor del coeficiente de determinación fue de 0.0068 lo que indica que este modelo explica apenas el 0.7% de la varianza en el consumo de energía por metro cuadrado en los edificios habilitados para oficinas. Este es un coeficiente extremadamente bajo; más bajo que en la prueba anterior, por lo que se correrá de nuevo el programa con otras variables.

El modelo obtenido se muestra en el Cuadro I3.

**Cuadro I.3. Resultado final del modelo de regresión.**

Variable	Coeficientes	Error Estándar	Valor t	Importancia (p-nivel)
<b>Constante</b>	90	85	1.05	0.294
<b>LNSuperficie</b>	-7.1	10.5	-0.67	0.501
<b>LNEmployados</b>		OMITIDA		
<b>Computadoras</b>	0.0316	0.13	0.24	0.808

GradosdíaRef	-0.00003	0.00014	-0.20	0.839
LNHorasOper	1.25	0.76	1.64	0.102

El modelo muestra que ninguna variable responde a niveles de confianza mayores al 50%; unido a esto, el coeficiente de determinación obtenido, como se observó arriba, es demasiado bajo, además se omite empleados por colinealidad, motivos por los cuales se repite el ejercicio con distintas variables.

La ecuación de regresión obtenida para esta evaluación fue:

$$kWh/m^2 = 90 - 7.1 * SuperficieConstruida + 0.032 * NúmerodeComputadoras - 0.00003 * HorasdeOperación + 1.25 * GradosdíaRefrigeración$$

#### I.8. Consumo de energía eléctrica como variable dependiente vs superficie, horas operación y grados días de refrigeración como variables independientes.

Después de más de 10 pruebas con distintas transformaciones a las variables independientes y disminuyendo variables –la disminución de variables se basó tanto en el análisis de correlación y regresión lineal de cada una de ellas con la variable dependiente y los niveles de importancia que se obtuvieron en el análisis múltiple--- hasta tener una respuesta significante se llegó a lo siguiente, tomando consumo de energía eléctrica como variable dependiente y solamente superficie, horas de operación a la semana y grados días de refrigeración como variables

El modelo tiene una R<sup>2</sup> con valor de 0.6566 lo que indica que este modelo explica el 65.7% de la varianza en el consumo de energía en los edificios tipo oficinas. El modelo final se presenta en el Cuadro I.4. Casi todas las variables del modelo son significativas a un nivel de confianza del 95%, como lo demuestran los niveles de significancia<sup>30</sup>.

**Cuadro I.4. Resultados finales del modelo de regresión.**

Variable dependiente	Consumo de energía facturado (kWh)			
Número de observaciones en el análisis	671			
Valor de R <sup>2</sup> del modelo	0.6566			
Modelo F	319.61			
Importancia del modelo (p-nivel)	0.0000			
Variable	Coeficientes	Error Estándar	Valor t	Importancia (p-nivel)
Constante	-588,517	152,562	-3.86	0.0000
Superficie	82.4	2.74	30.06	0.0000
GradosdíaRef	86.4	13.6	6.37	0.0000
HorasOper	8908.7	3,642.7	2.45	0.015

Fuente: Elaboración propia

La ecuación de regresión obtenida para esta evaluación fue:

$$\text{Consumo de energía} = -588,517 + 82.4 * SuperficieConstruida + 8,909 * HorasdeOperación + 86.4 * GradosdíaRefrigeración$$

---

<sup>30</sup> Un nivel de significancia “p” menor de 0.05 indica un nivel de confianza del 95%

**ANEXO J. DATOS DE CONSULTA PARA EDIFICIOS HABILITADOS PARA OFICINA.**

<b>Clasificación</b>	<b>Porcentaje acumulado de datos</b>	<b>&gt; =</b>	<b>&lt;</b>
100	0%	0	0.25640942
99	1%	0.25640942	0.512818838
98	2%	0.51281884	0.769228258
97	3%	0.76922826	1.025637677
96	4%	1.02563768	1.282047096
95	5%	1.2820471	1.538456515
94	6%	1.53845652	1.794865934
93	7%	1.79486593	2.051275353
92	8%	2.05127535	2.307684773
91	9%	2.30768477	2.564094192
90	10%	2.56409419	2.820503611
89	11%	2.82050361	3.07691303
88	12%	3.07691303	3.333322449
87	13%	3.33332245	3.589731868
86	14%	3.58973187	3.846141288
85	15%	3.84614129	4.102550707
84	16%	4.10255071	4.358960126
83	17%	4.35896013	4.615369545
82	18%	4.61536955	4.871778964
81	19%	4.87177896	5.128188384
80	20%	5.12818838	5.384597803
79	21%	5.3845978	5.641007222
78	22%	5.64100722	5.897416641
77	23%	5.89741664	6.15382606
76	24%	6.15382606	6.410235479
75	25%	6.41023548	6.666644899
74	26%	6.6666449	6.923054318
73	27%	6.92305432	7.179463737
72	28%	7.17946374	7.435873156
71	29%	7.43587316	7.692282575
70	30%	7.69228258	7.948691994
69	31%	7.94869199	8.205101414
68	32%	8.20510141	8.461510833
67	33%	8.46151083	8.717920252
66	34%	8.71792025	8.974329671
65	35%	8.97432967	9.23073909
64	36%	9.23073909	9.48714851
63	37%	9.48714851	9.743557929
62	38%	9.74355793	9.999967348
61	39%	9.99996735	10.25637677
60	40%	10.2563768	10.51278619
59	41%	10.5127862	10.76919561
58	42%	10.7691956	11.02560502
57	43%	11.025605	11.28201444
56	44%	11.2820144	11.53842386
55	45%	11.5384239	11.79483328
54	46%	11.7948333	12.0512427
53	47%	12.0512427	12.30765212
52	48%	12.3076521	12.56406154
51	49%	12.5640615	12.82047096
50	50%	12.820471	13.07688038
49	51%	13.0768804	13.3332898
48	52%	13.3332898	13.58969922
47	53%	13.5896992	13.84610864
46	54%	13.8461086	14.10251805
45	55%	14.1025181	14.35892747

44	56%	14.3589275	14.61533689
43	57%	14.6153369	14.87174631
42	58%	14.8717463	15.12815573
41	59%	15.1281557	15.38456515
40	60%	15.3845652	15.64097457
39	61%	15.6409746	15.89738399
38	62%	15.897384	16.15379341
37	63%	16.1537934	16.41020283
36	64%	16.4102028	16.66661225
35	65%	16.6666122	16.92302167
34	66%	16.9230217	17.17943108
33	67%	17.1794311	17.4358405
32	68%	17.4358405	17.69224992
31	69%	17.6922499	17.94865934
30	70%	17.9486593	18.20506876
29	71%	18.2050688	18.46147818
28	72%	18.4614782	18.7178876
27	73%	18.7178876	18.97429702
26	74%	18.974297	19.23070644
25	75%	19.2307064	19.48711586
24	76%	19.4871159	19.74352528
23	77%	19.7435253	19.9999347
22	78%	19.9999347	20.25634411
21	79%	20.2563441	20.51275353
20	80%	20.5127535	20.76916295
19	81%	20.769163	21.02557237
18	82%	21.0255724	21.28198179
17	83%	21.2819818	21.53839121
16	84%	21.5383912	21.79480063
15	85%	21.7948006	22.05121005
14	86%	22.05121	22.30761947
13	87%	22.3076195	22.56402889
12	88%	22.5640289	22.82043831
11	89%	22.8204383	23.07684773
10	90%	23.0768477	23.33325715
9	91%	23.3332571	23.58966656
8	92%	23.5896666	23.84607598
7	93%	23.846076	24.1024854
6	94%	24.1024854	24.35889482
5	95%	24.3588948	24.61530424
4	96%	24.6153042	24.87171366
3	97%	24.8717137	25.12812308
2	98%	25.1281231	25.3845325
1	99%	25.3845325	25.64094192