UNIVERSIDAD DON BOSCO

VICERRECTORÍA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ESTUDIO PARA CERTIFICACIÓN LEED EN ENERGÍA Y ATMÓSFERA Y EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA PARA EL CAMPUS DE POSTGRADOS DE LA UNIVERSIDAD DON BOSCO EN ANTIGUO CUSCATLÁN

PARA OPTAR AL GRADO DE

MAESTRO EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

ASESOR:

DOCTOR LUIS AARÓN MARTÍNEZ FIGUEROA

PRESENTADO POR:

OSCAR SALVADOR GIRÓN AGUILAR

LUIS JAVIER MINA MONTOYA

Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador, Centroamérica.

Octubre de 2016

AGRADECIMIENTO.

Primeramente darle las gracias a Dios todopoderoso por darme la fuerza, la capacidad y todo el coraje para afrontar este nuevo reto, a mi madre Cecilia Aguilar porque ha sido el apoyo incondicional en cada reto que he tenido que afrontar a mi padre José Salvador Girón y mi hermana Vanessa Guadalupe Girón porque son parte muy importante de mi vida y siempre puedo contar con ellos.

A todos mis amigos que siempre han estado a mi lado y me han apoyado en cada momento, al Dr. Aarón Martínez por brindar el apoyo necesario y transmitir su conocimiento y a todos los que de alguna forma u otra han estado involucrados en esta nueva meta cumplida.

Dedicatoria para Oscar Jovel, Alberto Valencia y Víctor Daniel que siguen estando a nuestro lado.

Salvador Girón.

AGRADECIMIENTO

Por haber llegado a este punto, agradezco a Dios Todopoderoso por quién todo ha sido posible. A mis padres Lucía Montoya y Eduardo Mina, de quiénes heredé y aprendí la ambición por el conocimiento y la superación. A mis hermanos y amigos que me apoyaron desde el inicio hasta este momento. Al Dr. Aarón Martínez por brindar el apoyo necesario y transmitir su conocimiento. A todos los que han sido parte de una u otra forma de este nuevo triunfo, gracias.

Javier Mina

RESUMEN

En el presente documento se presenta un estudio detallado para verificar la factibilidad de la obtención de una certificación LEED para la Universidad don Bosco – Campus de Postgrados en Antiguo Cuscatlán, El Salvador. La certificación LEED permitiría a dicha institución validar su compromiso con el medio ambiente mediante el método cuantitativo que se sigue con dicha certificación.

El estudio en cuestión está centrado en el tipo de certificación Edificaciones Existentes Operación y Mantenimiento para recintos escolares (LEED EB O+M: Schools). Se utiliza el sistema de calificación y procedimientos más reciente, el LEED v4, el cual se ha comenzado a implementar desde el año 2013. El análisis se ha centrado en dos categorías, en las cuales se estimó que era posible obtener la mayor cantidad de puntos en el corto y mediano plazo. Dichas categorías se muestran a continuación:

Tabla 1. Categorías LEED analizadas en el estudio

	Categoría	Puntaje máximo posible	Código	Prerrequisitos	Créditos
	Energía y Atmosfera	38	EA	4	8
	Eficiencia en el Uso del Agua	12	WE	2	4

En el capítulo III se demuestra que la UDB tiene un potencial bastante prometedor en la búsqueda de la certificación LEED, pues en la categoría Energía y Atmosfera tiene la posibilidad de acceder a 30 puntos de los 38 posibles, el resumen de resultados y acciones necesarias se muestran en la Tabla 2.

La mayor parte del capital necesario para lograr este puntaje se requeriría en la implementación de medidas de reducción del consumo energético. En el estudio fue posible determinar que en la categoría Energía y Atmosfera se podrían generar ahorros energéticos anuales que ascienden a los US$ 20,003. Los ahorros identificados representarían una reducción en facturación de 44.72%, requerirían una inversión de $83,677 y tendrían un Periodo de Recuperación Simple (PRS) de 4.18 años. Es necesario mencionar que los resultados presentados en el resumen ejecutivo corresponden al análisis financiero intermedio, puesto que se simularon tres modelos financieros: pesimista, intermedio y optimista. Para el caso pesimista se han tomado en cuenta porcentajes extra sobre la inversión para considerar

posibles costos de instalación los cuales podrían ser eliminados ya que personal de la universidad podría encargase de la instalación. El análisis intermedio toma en cuenta precios por mayoreo y costos de instalación, en el análisis optimista se toman como base precios por mayoreo y se eliminan los costos de instalación, asumiendo que los equipos que lo requieran pueden ser instalados por personal interno de la universidad. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 3.

Tabla 2. Resumen de resultados y acciones a implantar para la categoría Energía y Atmosfera.

Objetivo	Procedimiento	Acciones a implementar	Comentarios	Puntaje máximo	Puntaje UDB
Realizar una auditoría energética que cumpla los requisitos del análisis preliminar de consumo de energía de ASHRAE y la valoración del Nivel 1 de ASHRAE identificada en los Procedimientos de ASHRAE para Auditorías Energéticas de Edificios Comerciales o un equivalente.	Se realizó la auditoría energética ASHRAE nivel 1	La recopilación de información correspondiente a la auditoría de nivel 1 ASHRAE se encuentra detallada en el ANEXO 1. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 1.	Este prerrequisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	0	0
Reducir los daños ambientales y económicos producidos por el consumo excesivo de energía estableciendo un nivel mínimo de eficiencia energética.	**Caso 2. Opción 2**. Comparar los datos de energía del edificio en los 12 meses previos con los datos de tres años contiguos de los cinco años previos, normalizados por clima, uso del edificio y ocupación. Demostrar una mejora del 25%.	Se demuestra un posible ahorro superior al 25% con lo verificado en el ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.	Este prerrequisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	0	0
Reducir la disminución de la capa de ozono en la estratosfera.	Se aceptan contadores propiedad de la compañía de servicios energéticos capaces de agregar el consumo de recursos de todo el edificio.	La universidad Don Bosco ya cuenta con medidores de todos los sistemas con los que cuenta, es decir, de energía eléctrica y de consumo de agua. Por lo tanto, para cumplir con dicho prerrequisito basta con la universidad tome en compromiso de compartir la información obtenida por estos medidores con la USGBC	Este prerrequisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	0	0
Conseguir un incremento en los niveles de eficiencia energética por encima de los estándares del prerrequisito para reducir los impactos medioambientales asociados con un uso excesivo de energía.	No utilizar refrigerantes de clorofluorocarbono (CFC) en los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (CVAC&R) a no ser que una auditoría realizada por una tercera parte muestre que la sustitución o la conversión del sistema no es económicamente viable o a no ser que exista un plan en marcha para la conversión por eliminación gradual de CFC	Sustituir los actuales equipos que utilizan R-22 (CFC) por equipos Inverter con refrigerante R410-A (HFC)	Este prerrequisito podrá obtenerse una vez se sustituyan los equipos de aire acondicionado actuales por equipos inverter.	0	0
Identificar los componentes y sistemas de la instalación para analizarla como parte de la recepción del edificio existente o del proceso de auditoría energética. Proporcionar un desglose de los recursos estimados usados para cada uno de estos sistemas.	**Opción 2**. Desarrollar un plan de auditoría energética siguiendo los requisitos de ASHRAE Nivel 2, Estudio y Análisis Energético, para evaluar las oportunidades de eficiencia.	El plan de auditoría requerido por la guía LEED puede encontrarse en el ANEXO 2. PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2. El desarrollo y resultados de dicha auditoría se muestran en el ANEXO 3. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2.	Este requisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	2	2
Implantar mejoras operativas sin coste o a bajo coste y desarrollar un plan a cinco años para sustitución de equipos y grandes modificaciones o mejoras en función de la fase de análisis.		• Implantar mejoras operativas sin coste o a bajo coste • Confirmar la formación del personal de funcionamiento del edificio para que pueda operar con eficiencia • Desarrollar un programa de seguimiento • Actualizar el plan de operación y mantenimiento y los requisitos de las instalaciones existentes para incorporar las mejoras de nueva implantación.	Este requisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	2	2
Establecer un proceso de recepción continua que incluya planificar, monitorizar determinados puntos, comprobar los sistemas, verificar la eficiencia, respuestas con acciones correctoras, medición continua y documentación para afrontar proactivamente los problemas de operación en los sistemas que se están recibiendo.	Documentar el consumo energético y de agua y compartirlo con autoridades de la USGBC.	Una vez implementadas las diversas medidas de eficiencia energética y conservación de la energía la gráfica de tendencia de consumo comenzará a tener otras características las cuáles deben documentarse y presentarse de forma constante a las autoridades competentes de la USGBC	Este requisito podrá obtenerse una vez se hayan implementado las medidas de reducción del consumo energético	3	3
Demostrar un incremento de la eficiencia energética o una mejora en la eficiencia más allá de la requerida en el Prerrequisito EYA Mínima Eficiencia Energética.	**Caso 2. Opción 2.** Comparar los datos energéticos del edificio de los últimos 12 meses con los datos de tres años contiguos entre los últimos cinco años, normalizados por clima, uso del edificio y ocupación.	Se demuestra una posible mejora en el consumo energético de 45%. Ver ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.	Este requisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	20	14
Apoyar la gestión energética e identificar las oportunidades de ahorros de energía adicionales haciendo un seguimiento del consumo de energía a nivel del edificio y de los sistemas.	Instalación de medidores inteligentes de energía.	Se recomienda la instalación de uno o varios medidores Web Enabled Meter (http://www.energytracking.com/wem.htm), los cuales pueden instalarse de forma relativamente sencilla a cualquier caja de fusibles o circuitos de alimentación.	Este requisito podrá obtenerse una vez se implanten las MRCE y se instalen los medidores avanzados de energía	2	2
Evaluar los sistemas y los equipos del edificio para su participación en programas de respuesta a la demanda. La generación de electricidad in situ no cumple el propósito de este crédito.	**Caso 2.** Respuesta a la demanda no disponible	La Universidad don Bosco será capaz de beneficiarse de posibles programas futuros de respuesta a la demanda con la instalación de medidores inteligentes del consumo energético (como los mencionados en el crédito #5).	Este requisito podrá obtenerse una vez se implanten las MRCE y se instalen los medidores avanzados de energía	3	1
Fomentar la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero a través del uso de tecnologías de energía renovable locales y a través de la red y proyectos de mitigación de carbono.	Cubrir al menos parte del consumo de energía total del edificio directamente con sistemas de energía renovable		Este requisito podrá obtenerse después de poner en marcha un sistema fotovoltaico	5	5
Reducir la disminución de la capa de ozono y apoyar el cumplimiento temprano del Protocolo de Montreal mientras se minimizan las contribuciones directas al cambio climático.	**Opción 2.** Cálculo del Impacto del Refrigerante	Con el uso del refrigerante R410-A se cumplirá con el requisito: (∑((PCGCV+PDCVO x ⟦10⟧^5)Qunid))/Qtotal≤100	Este prerrequisito podrá obtenerse una vez se sustituyan los equipos de aire acondicionado actuales por equipos inverter.	1	1
				38	**30**

Tabla 3. Resumen de Medidas de reducción del consumo energético

Proyecto	Ahorro Anual en Consumo (kWh)	Ahorro Anual en facturación (US$)	Inversión (US$)	Reducción de CO_2 (TON)	Período de recuperación simple (Años)	Porcentaje de ahorro respecto al modelo base (%)
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	26,640.00	US$4,262.40	US$8,699.40	18.11	2.04	13.56%
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	10,830.00	US$1,732.80	US$0.00	7.36	0.00	5.51%
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	43,850.00	US$7,016.00	US$39,607.50	29.81	5.65	22.31%
MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	1,280.00	US$204.00	US$0.00	0.87	0.00	0.65%
MRCE 5: Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	36,540.00	US$5,846.40	US$33,299.45	24.82	5.70	18.59%
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	220.00	US$35.20	US$0.00	0.15	0.00	0.11%
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	5,670.00	US$907.00	US$2,071.64	3.85	2.28	2.89%
Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía	**87,870.00**	**US$20,003.80**	**US$83,677.98**	**59.73**	**4.18**	**44.72%**

De igual forma, en el capítulo III se demuestra que la UDB tiene buen potencial en la categoría Eficiencia en el Uso del Agua, pues tiene la posibilidad de acceder a 9 puntos de los 12 posibles, el resumen de resultados y acciones necesarias se muestran en la Tabla 4. La mayor parte del capital necesario para lograr este puntaje se encuentra en la implementación de medidas eficiencia en el uso del agua. En el presente estudio fue posible determinar en la categoría Eficiencia en el Uso de Agua se podrían llegar a generar ahorros energéticos anuales que ascienden a los $ 1,841. Los ahorros identificados representarían una reducción en facturación de 46.39%, requerirían una inversión de $6,915 y tendrían un Periodo de Recuperación Simple (PRS) de 3.76 años. Los resultados de este análisis se muestran en la Tabla 5.

Tabla 4. Resumen de resultados y acciones a implantar para la categoría Eficiencia en el Uso del Agua.

WE	Crédito	Objetivo	Procedimiento	Acciones a implementar	Comentarios	Puntaje máximo	Puntaje UDB
WE P1	Reducción del consumo de agua en el interior	Reducir el consumo de agua hasta la línea base de LEED v4 para Edificios Existentes: Operación y Mantenimiento o por debajo de dicha línea base, calculada asumiendo que el 100%	Se generó la línea base al 120% según el año de construcción del edificio y se estableció la distribución de consumo.	Verificar el buen estado de los equipos de fontanería y establecer programas de compra de equipos y accesorios eficientes.	Este prerrequisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	0	0
WE P2	Medición de agua a nivel de todo el edificio	Apoyar la gestión del agua e identificar oportunidades para ahorros de agua adicionales a través del seguimiento del consumo de agua.	Actualmente, la Universidad don Bosco se encuentra en total capacidad de cumplir con este segundo prerrequisito, puesto que se cuenta con un medidor de consumo de agua potable en el edificio.	Registrar los datos mensuales del contador y compilarlos; Comprometerse a compartir con el USGBC los datos de consumo de agua de todo el edificio resultantes para un período de cinco años	Este prerrequisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	0	0
WE C1	Reducción del consumo de agua en el exterior	Reducir el consumo de agua en el exterior.	**Opción 1**. No se requiere riego	Las áreas de riego son únicamente la zona central donde se encuentra ubicado el busto de San Juan Bosco y unas pequeñas parcelas alrededor del área de parqueo. Se estima que el área total de riego es de 144 m².	Este prerrequisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	2	2
WE C2	Reducción del consumo de agua en el interior	Reducir el consumo de agua en el interior.	**Opción 1**. Consumo de agua calculado	Realizar el cálculo del consumo debe utilizarse los datos generados en el prerrequisito 1, es decir, el consumo de línea base al 120% sobre los datos de equipos con mínima eficiencia y luego compararlo con el consumo que se tendría con equipos de mínima o alta eficiencia.	Este prerrequisito puede obtenerse después de sustituir los actuales equipos por accesorios y equipos eficientes.	5	5
W C3	Consumo de agua de las torres de refrigeración	Este tema no será abordado pues las instalaciones no cuentan con torres de enfriamiento.				3	0
WE C4	Medición del agua	Instalar contadores de agua permanentes; 1 punto para dos subsistemas de agua, 2 puntos para cuatro o más subsistemas	Debido a que la universidad don Bosco actualmente cuenta únicamente con un subsistemas de uso de agua que es “Aparatos y accesorios interiores de fontanería”, la guía LEED exige únicamente la instalación de un punto de medición.	Realizar una revisión y tabulación de datos semanalmente y que se adquiera el compromiso de compartirlos con la USGBC.	Este requisito puede obtenerse de forma inmediata posterior a este estudio. Deberá ser validado por un LEED AP.	2	2
						12	**9**

Tabla 5. Resumen de Medidas de Eficiencia en el Uso del Agua

Proyecto	Ahorro Anual en Consumo (m^3)	Ahorro Anual en facturación (US$)	Inversión (US$)	Período de recuperación simple (Años)	Porcentaje de ahorro respecto al modelo base (%)
Sustitución de Sanitarios	28.80	US$741.23	US$4,500.00	6.07	19.03%
Sustitución de Urinarios	35.15	US$881.50	US$1,155.00	1.31	23.23%
Sustitución de grifos de lavamanos(e instalación de aireadores)	4.98	US$102.95	US$1,200.00	11.66	1.90%
Sustitución de grifos de cocina (e instalación de aireadores)	1.05	US$116.00	US$60.00	0.52	2.24%
Combinación de equipos y accesorios eficientes	**69.98**	**US$1,841.68**	**US$6,915.00**	**3.76**	**46.39%**

En el estudio fue posible determinar que en la categoría Energía y Atmosfera se podrían generar ahorros energéticos anuales que ascienden a los $ 20,003. Los ahorros identificados representarían una reducción en facturación de 44.72%, requerirían una inversión de $83,677 y tendrían un Periodo de Recuperación Simple (PRS) de 4.18 años.

Finalmente, en la

Tabla 6, se muestra el resumen de la combinación de medidas de eficiencia energética y de medidas de eficiencia en el uso del agua, en el estudio se ha demostrado que combinando la implementación de todas las medidas de las categorías analizadas se obtiene un ahorro en facturación de US$ 24,923, los cuales se lograrán con una inversión de US$ 109,942 y tendrá un período de recuperación simple de 4.39 años, al incluir los costos administrativos de inscripción del proyecto al USGBC se tendrá un costo adicional de US$ 6,916 y tal como se muestra en la Tabla 10 el período de recuperación simple incrementa a 4.67 años.

Tabla 6. Resumen de medidas de eficiencia energética y eficiencia en el uso del agua

Eficiencia en el uso de la energía				
Proyecto	**Ahorro Anual en Consumo (kWh)**	**Ahorro Anual en facturación (US$)**	**Inversión (US$)**	**Período de recuperación simple (Años)**
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	26,640.00	US$4,262.40	US$8,699.40	2.04
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	10,830.00	US$1,732.80	US$0.00	0.00
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	43,850.00	US$7,016.00	US$39,607.50	5.65
MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	1,280.00	US$204.00	US$0.00	0.00
MRCE 5: Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	36,540.00	US$5,846.40	US$33,299.45	5.70
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	220.00	US$35.20	US$0.00	0.00
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	5,670.00	US$907.00	US$2,071.64	2.28
Instalación Fotovoltaica	19,240.00	US$3,078.40	US$18,900.00	6.14
Eficiencia en el uso del agua				
Proyecto	**Ahorro Anual en Consumo (m^3)**	**Ahorro Anual en facturación (US$)**	**Inversión (US$)**	**Período de recuperación simple (Años)**
Sustitución de Sanitarios	28.80	US$741.23	US$4,500.00	6.07
Sustitución de Urinarios	35.15	US$881.50	US$1,155.00	1.31
Sustitución de grifos de lavamanos(e instalación de aireadores)	4.98	US$102.95	US$1,200.00	11.66
Sustitución de grifos de cocina (e instalación de aireadores)	1.05	US$116.00	US$60.00	0.52
Total Eficiencia en el uso de la Energía + Eficiencia en el uso del agua	**107,110kWh/69.98m^3**	**US$24,923.88**	**US$109,492.98**	**4.39**

En la Tabla 7 se presenta un resumen del total de puntos que pueden obtenerse en las categorías analizadas. Algunos créditos no son alcanzables debido a la carencia de equipos requeridos y el costo excesivo en su adquisición, en otros casos, el estar ubicado fuera de los Estados Unidos también es una limitante, por ejemplo en algunas categorías, se presenta la opción de comparar con edificios Energy Star, los cuáles únicamente son válidos en Estados Unidos según la guía LEED, y dichas opciones otorgan la posibilidad de acceder a una mayor cantidad de puntos versus la opción que aplica para edificaciones fuera de los Estados Unidos; de igual forma, existen casos, en los cuales la cantidad de puntos a los que se puede optar se ve reducido debido a las políticas energéticas de El Salvador, por ejemplo, aun no existe un sistema que incentive el desplazamiento de cargas energéticas mediante el control de la demanda.

Adicionalmente, se han identificado algunos créditos que pueden alcanzarse de forma sencilla y algunos otros que se alcanzarán de forma automática al implementar medidas de eficiencia del uso de la energía y en el uso eficiente de agua (se hace referencia a los créditos otorgados por prioridad regional). Por ejemplo, el crédito de compra de bombillas se alcanzará de forma instantánea al llevar a cabo la sustitución de lámparas T8 por LED y la aplicación del crédito de Optimización de la eficiencia energética genera un punto extra debido a que se encuentra catalogado dentro de los créditos de prioridad regional.

Tabla 7. Resumen de puntos potenciales a obtener para la certificación LEED en las categorías analizadas.

	Código	Crédito	Puntos a obtener
	EYA P1	Mejores prácticas de gestión de la eficiencia energética	0
	EYA P2	Mínima eficiencia energética	0
	EYA P3	Medición de energía a nivel de todo el edificio	0
	EYA P4	Gestión básica de refrigerantes	0
	EYA C1	Recepción del edificio existente - análisis	2
	EYA C2	Recepción del edificio existente - implantación	2
	EYA C3	Recepción continua	3
	EYA C4	Optimización de la eficiencia energética	14
	EYA C5	Medición avanzada de energía	2
	EYA C6	Respuesta a la demanda	1
	EYA C7	Energía renovable y compensaciones de carbono	5
	EYA C8	Gestión mejorada de refrigerantes	1
	Energía y Atmosfera Total		**30**
	WE P1	Reducción del consumo de agua en el interior	0
	WE P2	Medición de agua a nivel de todo el edificio	0
	WE C1	Reducción del consumo de agua en el exterior	2
	WE C2	Reducción del consumo de agua en el interior[1]	5
	WE C3	Consumo de agua de las torres de refrigeración	0
	WE C4	Medición del agua	2
	Eficiencia en el uso del agua		**9**
	LT C1	Transporte alternativo	1
	RM C2	Compra - bombillas	1
	CAI - C10	Encuesta sobre el confort de los ocupantes	1
	PR - EAC4	Optimización de la eficiencia energética	1
	Otros créditos		**4**
TOTAL de puntos potenciales a obtener			**43**

[1] WEP1 y WEC1 poseen la misma denominación dentro de la guía LEED V4, en el prerrequisito (WEP1) se realiza el cálculo de la línea base de consumo, mientras que en el crédito (WEC1), se realiza un cálculo de ahorro en el consumo con respecto a la línea base establecida en el WEP1.

Como puede verse en la Tabla 7 sumando la totalidad de los puntos que pueden obtenerse en las categorías analizadas y los puntos que pueden obtenerse de forma sencilla o automáticamente al implementar medidas de eficiencia energética, suman la cantidad de 43 puntos, este puntaje permitiría acceder a la Certificación LEED (Certificado). Específicamente el costo de registro y trámites administrativos relacionados directamente a los pagos que se harán a la USGBC para el tipo de categoría a la cual se aplica es de US$6,916.00.

Tabla 8. Tipos de Certificación LEED.

	Tipo de certificación	**Puntaje mínimo**
	<u>Certificado</u>	**<u>40-49 puntos</u>**
	Plata	50-59 puntos
	Oro	60-79 puntos
	Platino	80+ puntos

Es necesario recalcar que el presente estudio únicamente ha tomado en cuenta dos de las seis categorías y por tanto el puntaje podría mejorarse de forma significativa si se le da continuidad a este estudio analizando el resto de categorías. También es necesario mencionar, que el objetivo del estudio fue el de maximizar el puntaje a obtener, es por esto que algunas inversiones poseen períodos de recuperación altos, sin embargo, esto podría ajustarse al momento de profundizar en el resto de categorías en los cuales podría obtenerse más puntos.

Es importante tener presente, que si bien la certificación LEED genera beneficios comerciales a cualquier institución que la posea, su fin principal debe ser visto en aras de evitar el impacto ambiental negativo de nuestra sociedad, y en el caso de la UDB, servir de ejemplo para que otras instituciones puedan replicar este proceso y comenzar a prepararse para buscar certificaciones de este tipo con las cuales se genere una huella ambiental positiva.

Tabla 9. Puntaje máximo en todas las categorías LEED[2]

	Categoría	**Potencial de Puntaje a obtener**	**Puntaje máximo posible**
	Energía y Atmosfera	30	38
	Eficiencia en el Uso del Agua	9	12
	Localización y Transporte	1[3]	15
	Parcela Sostenible	0	10
	Materiales y Recursos	1[4]	8
	Calidad Ambiental Interior	1[5]	17
	Innovación	0	6
	Prioridad Regional	1[6]	4

Finalmente se presentan los resultados económicos del análisis financiero intermedio, puede observarse en la Tabla 10 el proyecto demuestra ser sumamente viable, incluyendo todas las

[2] En el presente estudio se tomaron en cuenta únicamente las categorías de Energía y Atmosfera y Eficiencia en el Uso de Agua. La presente tabla se muestra únicamente con el objetivo de que pueda observarse la cantidad de puntos a los que se podría optar en el resto de categorías.
[3] Puntaje obtenido con verificación superficial, no significa que no puedan obtenerse más puntos en dicha categoría.
[4] Puntaje obtenido con verificación superficial, no significa que no puedan obtenerse más puntos en dicha categoría.
[5] Puntaje obtenido con verificación superficial, no significa que no puedan obtenerse más puntos en dicha categoría.
[6] Al cumplirse con otros créditos en otras categorías este puntaje podría aumentar hasta un máximo de 4 puntos.

medidas de eficiencia energética, eficiencia en el uso del agua, instalación fotovoltaica y costos administrativos de la certificación. Se obtuvo una Tasa Interna de Retorno del 17%, un Valor Actual Neto de $21,797 y período de retorno de 4.67 años.

Tabla 10. Resumen de análisis financiero del proyecto (Escenario Intermedio)

Escenario Intermedio	**Inversión (US$)**	**Ahorro Anual (US$)**	**TIR**	**VAN**	**PRS**
Energía y Atmosfera					
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	-US$8,699.40	US$4,262.40	48%	US$13,735.81	2.04
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	US$0.00	US$1,732.80	-	US$5,577.10	0.00
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	-US$39,607.50	US$7,016.00	12%	US$30.77	5.65
MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	US$0.00	US$204.00	-	US$656.58	0.00
MRCE 5: Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	-US$33,299.45	US$5,846.40	12%	-US$237.48	5.70
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	US$0.00	US$35.20	-	US$177.58	0.00
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	-US$2,071.64	US$907.00	43%	US$2,726.00	2.28
Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía	-US$83,677.98	US$20,003.80	20%	US$26,203.53	4.18
Eficiencia en el Uso del Agua					
Equipos y accesorios eficientes	-US$6,915.00	US$1,841.02	23%	US$3,113.55	3.76
Instalación FV					
Instalación FV Área 3	-US$18,900.00	US$3,078.40	15%	US$3,655.30	6.14
Costos asociados a LEED					
Total	-US$6,916.00				
Total	**-US$116,408.98**	**US$24,923.22**	**17%**	**US$21,797.12**	**4.67**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 1
CAPÍTULO I. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL 3
1.1. INTRODUCCIÓN 3
1.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN EL SALVADOR 4
1.3. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA 6
CAPÍTULO II. CERTIFICACIÓN LEED 7
2.1. INTRODUCCIÓN 7
2.2. ¿QUÉ ES LEED? 8
2.3. ¿PARA QUÉ SE CREÓ LEED? 12
2.4. USGBC 13
2.5. PROCESO DE CERTIFICACIÓN LEED 14
2.5.1. REGISTRO DEL PROYECTO EN EL USGBC 15
2.5.2. DEFINIR EL TIPO DE CERTIFICACIÓN A OPTAR 16
2.5.3. PRE EVALUACIÓN 16
2.5.4. SOLICITUD DE LA CERTIFICACIÓN 16
2.5.5. REVISIÓN Y CERTIFICACIÓN 17
2.6. TARIFAS LEEED 17
2.7. LEED EN CAMPUS EDUCATIVOS 18
CAPÍTULO III. CASO DE ESTUDIO – UNIVERSIDAD DON BOSCO CAMPUS ANTIGUO CUSCATLÁN 21
3.1. INTRODUCCIÓN 21
3.2. CERTIFICACIÓN LEED O+M (EDIFICIOS EXISTENTES) 23
3.3. ENERGÍA Y ATMÓSFERA 24
3.3.1. EA PRERREQUISITO 1: MEJORES PRÁCTICAS DE GESTIÓN EN EFICIENCIA ENERGÉTICA 26
3.3.2. EA PRERREQUISITO 2: MÍNIMA EFICIENCIA ENERGÉTICA 27
3.3.3. EA PRERREQUISITO 3: CONTADOR DE ENERGÍA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO 28
3.3.4. EA PRERREQUISITO 4: GESTIÓN BÁSICA DE REFRIGERANTES 28

3.3.5. EA CRÉDITO 1: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE (2 PUNTOS)...29
3.3.6. EA CRÉDITO 2: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE - IMPLANTACIÓN (2 PUNTOS)...30
3.3.7. EA CRÉDITO 3: RECEPCIÓN CONTINUA (3 PUNTOS)...31
3.3.8. EA CRÉDITO 4: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (1-20 PUNTOS)...31
3.3.9. EA CRÉDITO 5: MEDICIÓN AVANZADA DE ENERGÍA (2 PUNTOS)...34
3.3.10. EA CRÉDITO 6: RESPUESTA A LA DEMANDA (1-3 PUNTOS)...35
3.3.11. EA CRÉDITO 7: ENERGÍA RENOVABLE Y COMPENSACIONES DE CARBONO (1-5 PUNTO)...36
3.3.12. EA CRÉDITO 8: GESTIÓN Y MEJORA DE REFRIGERANTES...37
3.4. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA...39
3.4.1. WE PRERREQUISITO 1: REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR...40
3.4.2. WE PRERREQUISITO 2: MEDICIÓN DE AGUA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO...41
3.4.3. WE CRÉDITO 1: REDUCCIÓN EL CONSUMO DE AGUA EN EL EXTERIOR (1-2 PUNTOS)...41
3.4.4. WE CRÉDITO 2: REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR (1-5 PUNTOS)...42
3.4.5. WE CRÉDITO 3: CONSUMO DE AGUA EN LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN (3 PUNTOS)...43
3.4.6. WE CRÉDITO 4: MEDICIÓN DEL AGUA (1-2 PUNTOS)...43
3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS...44
3.5.1. CRÉDITOS EN ENERGÍA Y ATMÓSFERA...44
3.5.1.1. PRERREQUISITO 1: MEJORES PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA....44
3.5.1.2. PRERREQUISITO 2: MÍNIMA EFICIENCIA ENERGÉTICA...44
3.5.1.3. PRERREQUISITO 3: MEDICIÓN DE ENERGÍA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO 45
3.5.1.4. PRERREQUISITIO 4: GESTIÓN BÁSICA DE REFRIGERANTES...45
3.5.1.5. CRÉDITO 1: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE – ANÁLISIS..46
3.5.1.6. CRÉDITO 2: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE – IMPLANTACIÓN...46

3.5.1.7. CRÉDITO 3: RECEPCIÓN CONTINUA 47
3.5.1.8. CRÉDITO 4: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA 47
3.5.1.9. CRÉDITO 5: MEDICIÓN AVANZADA DE ENERGÍA 48
3.5.1.10. CRÉDITO 6: RESPUESTA A LA DEMANDA 49
3.5.1.11. CRÉDITO 7: ENERGÍA RENOVABLE Y COMPENSACIONES DE CARBONO 51
3.5.1.12. CRÉDITO 8: GESTIÓN MEJORADA DE REFRIGERANTES 58
3.5.2. CRÉDITOS EN EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA 60
3.5.2.1. PRERREQUISITO 1: REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR 60
3.5.2.2. PRERREQUISITO 2: MEDICIÓN DE AGUA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO 62
3.5.2.3. CRÉDITO 1: REDUCCÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL EXTERIOR 62
3.5.2.4. CRÉDITO 2: REDUCCÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR 63
3.5.2.5. CRÉDITO 3: CONSUMO DE AGUA EN LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN 67
3.5.2.6. CRÉDITO 4: MEDICIÓN DEL AGUA 67
3.5.3. CRÉDITOS EN OTRAS CATEGORÍAS 67
3.5.3.1. LOCALIZACIÓN Y TRANSPORTE – CRÉDITO 1: TRANSPORTE ALTERNATIVO (1 PUNTO) 67
3.5.3.2. RECURSOS Y MATERIALES – CRÉDITO 2: COMPRA – BOMBILLAS (1 PUNTO) 68
3.5.3.3. CALIDAD DE AIRE INTERIOR – CRÉDITO 10: ENCUESTA SOBRE EL CONFORT DE LOS OCUPANTES (1 PUNTO) 68
3.5.3.4. PRIORIDAD REGIONAL – EA CRÉDITO 4: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA 68
CAPITULO IV - ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO 69
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES 72
ANEXOS 74
ANEXO 1. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 1. 74
1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES 74

1.1. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN 75
1.2. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL 76
1.3. EQUIPO DE OFICINA 77
1.4. EQUIPO DE COCINA 78
2. FACTURACIÓN ELÉCTRICA 78
3. OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA Y MEJORA DE LA EFICIENCIA 80
3.1. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL 80
3.1.1. CONFIGURACIÓN DE TERMOSTATOS A 23°c 80
3.2. EQUIPOS DE OFICINA 80
3.3. EQUIPOS DE COCINA 81
4. PLAN DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS DEL CAMPUS 82
4.1. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL 82
4.2. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN 83
ANEXO 2. PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2 84
1. MIEMBROS DEL EQUIPO DE AUDITORÍA Y SUS PAPELES Y RESPONSABILIDADES DURANTE LA AUDITORÍA 84
1.1. ING. LUIS AARÓN MARTINEZ PHD. – DIRECTOR DEL TRABAJO 84
1.2. MG. HÉCTOR OSVALDO ROMERO – DIRECTOR DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES 84
1.3. ARQ. FLOR DALILA ARIAS – ENCARGADA DE INFRAESTRUCTURA DEL CAMPUS DE MAESTRÍAS 85
1.4. ING. LUIS JAVIER MINA – AUDITOR ENERGÉTICO 85
1.5. ING. ÓSCAR SALVADOR GIRÓN – AUDITOR ENERGÉTICO 85
1.6. PERSONAL DE MANTENIMIENTO 85
2. DESCRIPCIÓN DEL PLANTEAMIENTO PARA IDENTIFICAR Y ANALIZAR OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL EDIFICIO 85
2.1. METODOLOGÍA 85
2.1.1. PRE-DIÁGNOSTICO 86
2.1.2. DIAGNÓSTICO 86
2.1.3. PROPUESTAS DE MEJORA 88

2.2. ELABORACIÓN DE INFORME TÉCNICO 88
3. PLAN DE TRABAJO 89
4. ENTREGABLES 89
ANEXO 3. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2. 90
1. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 1. 90
2. ENFOQUE DEL ANÁLISIS 90
3. MEDICIONES ELÉCTRICAS PUNTUALES 91
3.1. MEDIDICIONES DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN 92
3.2. MEDICIONES ELÉCTRICAS PUNTUALES 93
4. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO 94
5. GENERACIÓN DEL CASO BASE 94
6. SIMULACIÓN ENERGÉTICA 94
7. MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA 94
ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA 95
4.1. RESUMEN EJECUTIVO 95
4.2. ANÁLISIS DE FACTURACIÓN 96
4.3. GENERACIÓN DEL CASO BASE Y CALIBRACIÓN 98
4.3.1. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO 98
4.3.2. CALIBRACIÓN DEL MODELO ENERGÉTICO 99
4.4. MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO (mrce) 102
4.4.1. ILUMINACIÓN INTERIOR 102
4.4.1.1. MRCE1: SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS FLUORESCENTES F32T8 POR LÁMPARAS LED 102
4.4.2. EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO 104
4.4.2.1. MRCE 2: CONFIGURACIÓN DE TERMOSTATOS A 23°c 104
4.4.2.2. MRCE 3: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO POR EQUIPOS INVERTER 105
4.4.3. EQUIPO DE CÓMPUTO 107
4.4.3.1. MRCE 4: CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DE CÓMPUTO EN MODO HIBERNACIÓN 107
4.4.3.2. MRCE 5: SUSTITUCIÓN DE COMPUTADORAS DE ESCRITORIO POR LAPTOPS 108

4.4.4. EQUIPO DE COCINA 109
4.4.4.1. MRCE 6: DESCONEXIÓN DE CAFETERAS Y OASIS EN HORARIOS NO LABORALES 109
4.4.5. ILUMINACIÓN EXTERIOR 110
MRCE 7: SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS DE HALURO METÁLICO POR LÁMPARAS LED 110
4.4.6. COMBINACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA 110
4.4.7. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN 111
BIBLIOGRAFÍA 113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Categorías LEED analizadas en el estudio 7
Tabla 2. Resumen de resultados y acciones a implantar para la categoría Energía y Atmosfera. 9
Tabla 3. Resumen de Medidas de reducción del consumo energético 11
Tabla 4. Resumen de resultados y acciones a implantar para la categoría Eficiencia en el Uso del Agua 13
Tabla 5. Resumen de Medidas de Eficiencia en el Uso del Agua 15
Tabla 6. Resumen de medidas de eficiencia energética y eficiencia en el uso del agua 16
Tabla 7. Resumen de puntos potenciales a obtener para la certificación LEED en las categorías analizadas 18
Tabla 8. Tipos de Certificación LEED. 19
Tabla 9. Puntaje máximo en todas las categorías LEED 20
Tabla 10. Resumen de análisis financiero del proyecto (Escenario Intermedio) 21
Tabla 11. Tarifas de certificación LEED para la categoría Operación y Mantenimiento (O+M) 18
Tabla 12. Puntos disponibles en categoría Energía y Atmósfera 26
Tabla 13. Puntaje por clasificación Energy Star 32
Tabla 14. Puntaje en base a media nacional 33
Tabla 15. Puntaje en base a porcentaje de mejora 34
Tabla 16. Definición de parámetros de fórmula de refrigerante 38
Tabla 17. Definición de parámetros de fórmula de refrigerante (varios equipos) 38
Tabla 18. Puntaje disponible en Eficiencia del Agua 39
Tabla 19. Requisito de códigos para aparatos y accesorios 40
Tabla 20. Puntos por reducción del consumo de agua calculado más allá del nivel del prerrequisito 42
Tabla 21. Puntos por reducción del consumo de agua medido 42
Tabla 22. Capacidad instalable según área 53
Tabla 23. Producción Energética del Sistema Fotovoltaico 54
Tabla 24. Producción Energética Esperada a 20 años 55
Tabla 25. Costo del sistema FV 56
Tabla 26. Producción Energética del Sistema Fotovoltaico en Área 3 57
Tabla 27. Costo del sistema FV en Área 3 57
Tabla 28. Definición de parámetros de fórmula de refrigerante 58
Tabla 29. Cálculo de Impacto de Refrigerante 59
Tabla 30. Requisitos LEED y línea base en aparatos y accesorios de fontanería en el interior. 61
Tabla 31. Consumo estimado de caso base al 120% de equipos de minina eficiencia vs equipos de alta eficiencia 63
Tabla 32. Puntaje en base al porcentaje de reducción de consumo de agua en el interior 67

Tabla 33. Análisis Financiero Pesimista....71
Tabla 34. Análisis Financiero Intermedio....72
Tabla 35. Análisis Financiero Optimista....73
Tabla 36. Horarios de ocupación estimados....74
Tabla 37. Listado de equipos de aire acondicionado por zona....77
Tabla 38. Datos de facturación y pliego tarifario vigente....79
Tabla 39. Consumo energético de facturas....79
Tabla 40. Iluminación actual por tipo de zona....93
Tabla 41. Mediciones puntuales realizadas con el kill a watt....94
Tabla 42. Resumen de Medidas de reducción del consumo energético....95
Tabla 43. Indicadores del uso de la energía....96
Tabla 44. Consumo real vs Consumo simulado (kWh) y porcentaje de error anual.....101
Tabla 45. Comparación de Datos Técnicos de Luminarias Fluorescentes y Luminarias LED....103
Tabla 46. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por LED....104
Tabla 47. Inversión inicial para lámparas LED de 18W....104
Tabla 48. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Configuración de termostatos a 23°C....105
Tabla 49. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter....106
Tabla 50. Inversión inicial para equipos de aire acondicionado....107
Tabla 51. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Configuración de equipos de cómputo en modo hibernación....108
Tabla 52. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de computadoras de escritorio por laptops....108
Tabla 53. Inversión inicial para compra de laptops....109
Tabla 54. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Desconexión de cafeteas y oasis en horarios no laborales....109
Tabla 55. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de lámparas de haluro metálico por LED....110
Tabla 56. Inversión inicial para compra de luminaria exterior LED....110
Tabla 57. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía....111
Tabla 58. Plan de implementación de las Medidas de Reducción del Consumo Energético..112

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Porcentaje de reducción de demanda pico anual de casos simulados respecto al caso base 51
Ilustración 2. Selección de techos para la configuración fotovoltaica 52
Ilustración 3. Distribución del consumo de agua 62
Ilustración 4. Consumo estimado de caso base al 120% de equipos de minina eficiencia vs equipos de alta eficiencia 64
Ilustración 5. Inodoros de alta eficiencia y etiquetas a identificar 65
Ilustración 6. Urinarios de alta eficiencia y etiquetas a identificar 65
Ilustración 7. Accesorios de alta eficiencia 66
Ilustración 8. Campus Universidad Don Bosco, Antiguo Cuscatlán 74
Ilustración 9. Paredes exteriores y techos 75
Ilustración 10. Luminarias interiores F32T8 76
Ilustración 11. Luminarias exteriores de haluro metálico 76
Ilustración 12. Computadoras de escritorio en laboratorios 78
Ilustración 13. Equipo de cocina en cafetería 78
Ilustración 14. Oasis que permanece encendido de forma permanente 81
Ilustración 15. Cafetera que permanece encendida de forma permanente 82
Ilustración 16. Organigrama de equipo de auditoría 84
Ilustración 17. Esquema de Metodología 87
Ilustración 18. Luxómetro utilizado para medir los niveles de iluminación 91
Ilustración 19. Kill-a-watt utilizado para medir consumo energético 91
Ilustración 20. Termo anemómetro, termómetro infrarrojo y amperímetro utilizados para medir datos que permite estimar la eficiencia de los equipos de aire acondicionado 92
Ilustración 21. Consumo energético mensual de la instalación 97
Ilustración 22. Costo mensual de la energía de la instalación 97
Ilustración 23. Consumo eléctrico mensual (kWh x000) 99
Ilustración 24. Distribución del consumo energético 99
Ilustración 25. Consumo real vs consumo simulado (kWh) 101
Ilustración 26. Comparación de Eficiencia de Luminarias Fluorescentes y LED 103

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta una recopilación de los pasos a seguir para buscar una certificación LEED en el Campus de Postgrados de la Universidad don Bosco en Antiguo Cuscatlán.

El tema de la contaminación ambiental ha concientizado a las sociedades para promover la mejora y el cuidado hacia nuestros ecosistemas y recursos naturales, como resultado, asociaciones civiles, gobiernos y empresas han establecido políticas ambientales para minimizar los impactos negativos de las acciones humanas, prueba de esto se da en los "Lineamientos de Impacto Ambiental para países en desarrollo de la UNEP (United Nations Environmental Program)" el cual es un documento publicado por la ONU que tiene como objetivo ser una herramienta a nivel global para países subdesarrollados que no tengan la capacidad de establecer sus propias normas y metodologías.

La evaluación LEED consiste en un sistema de puntaje obtenido por un proyecto en las categorías de Sitios Sustentables, Eficiencia en el Uso del Agua, Energía y Atmósfera, Calidad del Ambiente Interior, Materiales y Recursos e Innovación en el diseño. En base al puntaje obtenido LEED certifica a los edificios en: Certificado, Plata, Oro y Platino.

El sistema LEED, acrónimo en inglés de "Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental", consiste en la evaluación de una construcción según seis criterios principales: sostenibilidad, eficiencia en el uso del agua, energía y atmosfera, materiales y recursos empleados, calidad del ambiente interior e innovación y proceso de diseño. El uso eficiente de la energía es el valor que más puntúa en la certificación LEED. Una construcción que siga el tipo de certificado LEED, comparada con otra convencional, reduce entre el 30% y el 70% de consumo de energía, del 30% al 50% el consumo de agua, entre el 50% y el 90% del coste de los residuos, y aproximadamente el 35% de las emisiones de dióxido de carbono.

A lo largo del texto se sigue la metodología aplicable según la Guía LEED v4 para Operación y Mantenimiento de Edificaciones Existentes (Centros Escolares). A través del seguimiento de dicha guía se muestra los pasos que la Universidad don Bosco debería seguir para poder optar a una certificación LEED.

Mediante visitas técnicas y entrevistas con el personal operativo del edificio, se obtuvieron los parámetros necesarios para poder realizar el modelaje computacional de la edificación y de esta forma demostrar de formar cuantificable la viabilidad de la obtención de una certificación LEED en la construcción en cuestión.

En el Capítulo I se presenta un resumen de la problemática ambiental global y que también afecta a El Salvador. El Capítulo II muestra una breve descripción sobre la certificación LEED, sus creadores y sus miembros. En el Capítulo III, siguiendo la metodología dictada por

la guía LEED v4, se realiza el estudio completo para la certificación LEED en las categorías “Eficiencia y Atmosfera” y “Eficiencia en Agua”.

En el Capítulo IV se muestra los escenarios simulados para el análisis financiero, el cual muestra (en su escenario intermedio) la viabilidad de la implementación de las diversas medidas de eficiencia. Mientras que en el Capítulo V se muestran las conclusiones obtenidas por el desarrollo del presente trabajo.

CAPÍTULO I. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

1.1. INTRODUCCIÓN

De la forma en que se estructura la sociedad, el consumo de energía se presenta como un indicador muy importante del nivel de desarrollo de una nación; aquellos países subdesarrollados suelen ser los que cuentan con niveles bajos de consumo de energía eléctrica. Por otro lado, los países que presentan los más altos niveles de consumo de electricidad, son países que se identifican como desarrollados, tal es el caso de Estados Unidos y China. Esta relación entre desarrollo y consumo de energía no es casual.

Es un hecho que la energía es fundamental para el desarrollo de una nación: la alimentación, educación, salud, y transporte no son posibles sin un sistema proveedor de energía a la sociedad. Por otra parte, dada la naturaleza de crecimiento de la economía y de la población mundial, se requiere de una mayor generación y consumo de energía año con año.

Sin embargo, la generación y consumo de energía, dada la dependencia del uso del petróleo, ha tenido graves implicaciones sobre el medio ambiente que han significado un costo muy grande para la calidad de vida de las presentes y futuras generaciones. Aunque el incremento del consumo energético ha posibilitado que las clases medias y altas de la población mundial disfruten de un "alto" nivel de vida, la combustión de petróleo, y carbón, que son algunos de los recursos empleados principalmente para generar energía, han incrementado el volumen de gases de efecto invernadero, especialmente el dióxido de carbono, siendo esta una de las razones principales del aumento de la temperatura mundial.

Todos los seres vivos, incluyendo los seres humanos, dependen del ambiente en el cual se desenvuelven y de los servicios que éste les proporcione, como los alimentos, el agua, el clima, la satisfacción espiritual y el placer estético. Hablar de ambiente es hablar de un sistema integrado y complejo, compuesto por elementos naturales, artificiales –de naturaleza física, química o biológica- y socioculturales[7].

Actualmente, el debate acerca del medio ambiente es una de las principales discusiones de la sociedad, pues el hombre, en su proceso de desarrollo, se ha visto en la necesidad de utilizar cada vez más los recursos de la naturaleza y modificar su entorno. Las intervenciones que se realizan en el ambiente pueden tener efectos positivos o negativos, los cuales se evidencian, principalmente, en el desarrollo económico y en el bienestar de las personas. A estos efectos, diversos autores lo denominan impacto ambiental.

Cuando las personas reflexionan acerca de la gravedad de este impacto y reconocen que sus consecuencias dañinas deben solucionarse, se habla de la existencia de una problemática ambiental, es decir, ésta se configura tras un proceso de toma de conciencia de lo que está sucediendo en el entorno de una sociedad. Las problemáticas ambientales impactan la calidad

[7] Comisión de Desarrollo y Medio Ambiente de América Latina y El Caribe, 1992

de vida de las personas, pues influyen sobre la situación de éstas en una sociedad, ya que afectan su bienestar y perspectivas de vida.

Las problemáticas ambientales se han presentado desde que el ser humano existe como tal, sin embargo, en las distintas regiones del mundo, las personas comienzan a tomar conciencia de éstas y a hacerlas un tema importante de discusión desde hace aproximadamente cincuenta años. En el caso de El Salvador, el tema recién comienza a estar presente en la mente de los profesionales con el surgimiento de algunas entidades tales como, El Salvador Green Building Council (GBC) y la Asociación Salvadoreña de Energías Renovables (ASER).

1.2. PROBLEMÁTICA AMBIENTAL EN EL SALVADOR

Una de las mayores preocupaciones a nivel mundial es la contaminación y destrucción ambiental que está siendo generada por los más de 7 mil millones de habitantes del planeta, dicho proceso de contaminación es más alarmante pues se ha observado un crecimiento exponencial del mismo desde los años 50 y de mantenerse esos altos índices de degradación medioambiental provocarán estragos severos que alterará la faz de la Tierra en cuestión de años, algunos de estos estragos ya son perceptibles.

En El Salvador, esta realidad ha empezado a hacerse presente ya que es uno de los países más deteriorados ambientalmente junto a Haití en el continente americano, por lo que diversas organizaciones están preocupadas por el impacto a corto plazo que generará esta problemática en este país centroamericano. Todos los salvadoreños sienten diversos efectos del cambio climático. [8]

El documento del Programa de las Naciones Unidas para El Desarrollo El Salvador (PNUD) titulado El ABC del cambio climático en El Salvador publicado en el 2007 informa por ejemplo como la contaminación provocada por Dióxido de Carbono (CO2) viene de tres grandes áreas como los sectores energía (49%), cambio del uso del suelo (45%) y procesos industriales (6%).

Según informes del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)[9], en el país se está deforestando un promedio anual de 4,500 hectáreas de bosques y se han reducido las Áreas naturales a 1.87% en todo el territorio nacional.

Esta deforestación incontrolable que surge como producto de la tala indiscriminada de árboles e incendios forestales para la realización de cultivos agrícolas, más otros provocados por individuos que aplican métodos arcaicos para la crianza de ganado y facilitar el corte de caña de azúcar, conduce a una desproporcionada erosión, sedimentación del suelo y desertificación del país en un 75%, y a la pérdida de más de 12.000 millones de metros cúbicos de agua anual que brinda el ciclo pluvial.

[8] Política Nacional del Medio Ambiente 2012: http://www.marn.gob.sv/descargas/politica-nacional-del-medio-ambiente-2012-3/

[9] http://www.ecoportal.net/Temas-Especiales/Desarrollo- Sustentable/Diagnostico_de_la_situacion_medio_ambiental_de_El_Salvador

En los últimos 30 años los ríos han sufrido un impacto de disminución de su caudal que va de un 30 a un 70% y en el norte de Cuscatlán, Chalatenango y Cabañas, de un 70 a un 100%, en donde ya existen zonas desérticas. El único afluente que ha incrementado su caudal de un 25 a un 35% es el río Acelhuate.

El ciclo pluvial deja año a año agua en cifras equivalentes a 38.283 millones de metros cúbicos, de la cual se considera una evapotranspiración del 67%, quedando un 33% que equivale a 12,633 millones de metros cúbicos potencialmente disponibles al año.

Esta agua lluvia que se infiltra en el suelo cada vez en menor cantidad para alimentar a los acuíferos subterráneos es la que, a consecuencia del alto grado de deforestación y desertificación que ya se han causado, ha sido obligada a drenar sobre el suelo cada vez en mayor cantidad hacia los ríos y al mar, provocando a su paso graves inundaciones, derrumbes, aluviones, colapso de muros y puentes, saturación y colapso del sistema de alcantarillado en las ciudades que ya no dan abasto, causando a su paso destrucción, más pobreza, hambre y muerte en las zonas de alto riesgo en donde habitan las comunidades más vulnerables del país.

El 30 de Mayo de 2012 el Consejo de Ministros del Gobierno de El Salvador aprobó una nueva Política Nacional del Medio Ambiente. Se trató de un importante hito pues el único precedente de este hecho fue en Septiembre 2000, aunque la Ley del Medio Ambiente exige que esta política sea actualizada al menos cada cinco años.

La Política Nacional del Medio Ambiente 2012 retomó las preocupaciones fundamentales sobre la problemática ambiental del país, tal como se expresaron en la amplia consulta pública territorial y sectorial que se desarrolló como parte de su proceso de formulación, así como los estudios e informes que confirman la grave situación de degradación ambiental en el país y la amenaza creciente que supone el cambio climático para El Salvador.

Frente a esa problemática que genera una situación de riesgo ambiental generalizado, la Política Nacional del Medio Ambiente 2012 propone un ambicioso objetivo global: Revertir la degradación ambiental y reducir la vulnerabilidad ambiental frente al cambio climático. Ciertamente no es un objetivo que se pueda alcanzar en unos pocos meses, pero es la meta de mediano y largo plazo que debemos tomar como salvadoreños si queremos un país menos vulnerable con posibilidades reales de encaminarse por una senda viable de desarrollo económico y social.

Las seis líneas prioritarias de acción que propone la Política Nacional de Medio Ambiente 2012 representan en sí mismas grandes desafíos que pueden ser la base para una agenda de unidad nacional en materia ambiental. Se trata de restaurar ecosistemas y paisajes degradados; avanzar decididamente hacia un saneamiento ambiental integral; lograr un marco institucional moderno y eficaz para gestionar el recurso hídrico; ordenar ambientalmente el territorio; promover una cultura de responsabilidad y cumplimiento ambiental; e impulsar acciones enérgicas de adaptación al cambio climático y de reducción de riesgos.

Esta agenda ambiental implica un esfuerzo nacional de gran magnitud que deberá sostenerse por años e incluso décadas, por lo que solamente será posible con el accionar coordinado de todo el Estado, incluyendo las municipalidades, entidades de educación superior y sobre todo el respaldo y participación plena de la ciudadanía.

1.3. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

El ahorro energético constituye el primer paso para la construcción de una nueva política sustentable en el país. Existen dos mecanismos mediante los cuales se puede ahorrar energía: uso racional y uso eficiente de energía; el uso racional está referido a aquellas acciones encaminadas a reducir el consumo a través de cambios en el patrón de consumo de energía.

La eficiencia energética es la disminución del consumo de energía que permita obtener el mismo servicio energético, a través del uso de tecnologías más eficientes y por consiguiente más ahorradoras. El Estado tiene la obligación de crear un nuevo marco legal en función de estos dos mecanismos, así como también la promoción y ejecución de programas que permitan ahorrar energía de forma progresiva en el país.

Se deben hacer cambios estructurales que modifiquen el patrón de consumo de la población. Estos cambios se deberían llevar a cabo mediante procesos de educación y sensibilización, promoción de alternativas no eléctricas para la satisfacción de necesidades energéticas, así como modificaciones a marcos normativos nacionales y locales que fomenten el uso responsable de energía eléctrica.

Algunas medidas puntuales que pueden contribuir en el corto plazo al ahorro energético mediante un uso racional de energía son las siguientes:

- Crear mecanismos de regulación e incentivo para que en las nuevas edificaciones (comerciales, gubernamentales viviendas etc.)se construya con materiales y equipamiento amigables con el ambiente. Incluir dentro de los planes de estudio de los colegios, escuelas públicas y privadas materias referidas a educación ambiental y la importancia del ahorro de energía.
- Promover el estudio de la arquitectura bioclimática a través de un incentivo económico a aquellas universidades que realicen investigaciones, cursos, y especializaciones sobre el tema, con el propósito de contribuir al desarrollo de una sociedad autoabastecedora de energía.
- Crear un reglamento de control nacional en el uso racional de energía.
- Continuar con la implementación de políticas de eficiencia energética a través del Consejo Nacional de Energía que promueva y planifique nuevas estrategias de ahorro de electricidad, así como también que registre los avances en materia de eficiencia a nivel nacional.

CAPÍTULO II. CERTIFICACIÓN LEED

2.1. INTRODUCCIÓN

Todos los sectores económicos de la sociedad influyen en alguna medida sobre el medio ambiente, desafortunadamente la mayoría de ellos de una forma negativa, teniendo un fuerte impacto ambiental por el solo hecho de existir.

El tema de la contaminación ambiental ha concientizado a las sociedades para promover la mejora y el cuidado hacia nuestros ecosistemas y recursos naturales, como resultado, asociaciones civiles, gobiernos y empresas han establecido políticas ambientales para minimizar los impactos negativos de las acciones humanas, prueba de esto se da en los "Lineamientos de Impacto Ambiental para países en desarrollo de la UNEP (United Nations Environmental Program)" el cual es un documento publicado por la ONU que tiene como objetivo ser una herramienta a nivel global para países subdesarrollados que no tengan la capacidad de establecer sus propias normas y metodologías.

Así mismo dado que los sectores de generación de energía y de la construcción son de las actividades que más impacto tienen sobre el medio ambiente se han establecido procedimientos, metodologías y criterios para minimizar los daños, estas acciones se ven reflejadas en los múltiples sistemas de certificación principalmente creados por asociaciones civiles conscientes y apoyados por algunos gobiernos de países desarrollados.

Debido a dichos impactos negativos desde hace algunos años se han creado alternativas para tratar de solventar o al menos minimizar el problema ambiental y es por esto que en años medianamente recientes se ha desarrollado el término de edificios verdes.

El objetivo principal de los edificios verdes es el de ser sustentables, es decir, que sean capaces de satisfacer las necesidades de las generaciones actuales sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades.

Algunos de los principales esquemas de edificación verde utlizados a nivel mundial son:

- **BREEAM:** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) Esquema de certificación de origen Británico establecido en 1990. Es esquema líder en el mundo al tener más de 200,000 edificaciones certificadas.
- **LEED:** (Leadership in Environmental and Energy Design). La certificación LEED es un programa creado por el World Green Building Council e implementado a través del U.S. Green Building Council, tiene como predecesor el BREEAM. En la actualidad tiene alrededor de 9,000 edificios certificados y su rango de aceptación es principalmente en el continente Americano.
- **CASBEE:** (Comprehensive Assessment System for Built Environment Efficiency) Sistema Japonés de certificación tiene como antecedente un sistema de regulación

ambiental para asentamientos humanos en la década de los 60's pero se constituyó como un esquema de certificación hasta el 2005, actualmente cuentan con alrededor de 35 edificios certificados en Japón y tiene tendencia a internacionalizarse. Se plantea como el sistema asiático de mayor empuje.

De los sistemas arriba mencionados es el sistema LEED el que más nos interesa, puesto que es el sistema cuantitativo de certificación que tiene mayor aceptación a nivel mundial . El empuje y la promisión que esta certificación ha estado recibiendo es importante pues como se muestra en la Figura 1 tiene una tendencia de crecimiento exponencial.

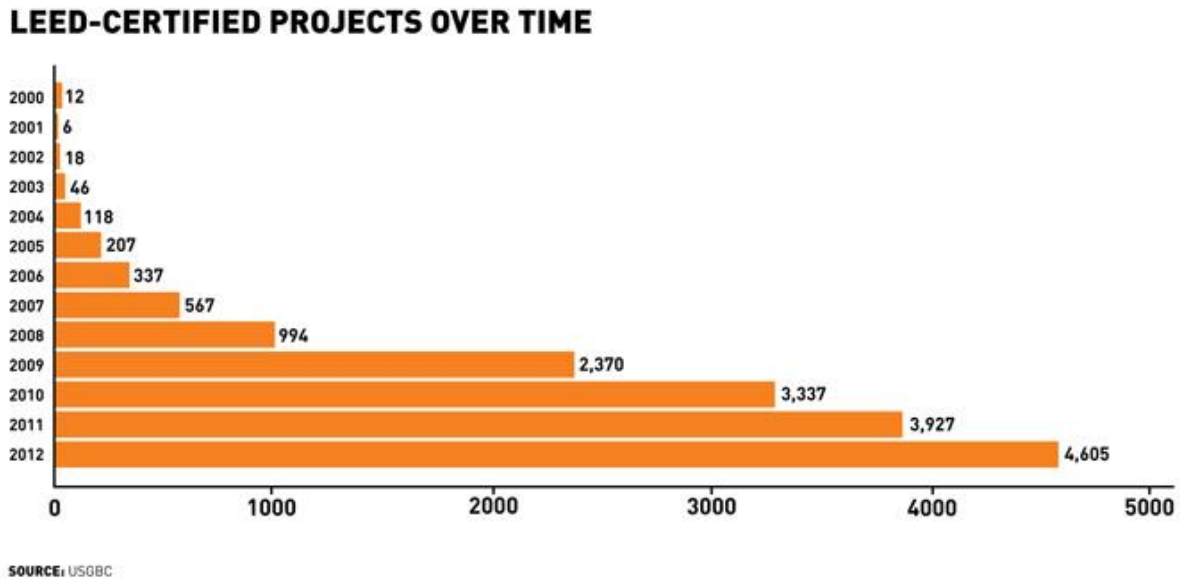


Figura 1. Proyectos LEED certificados a lo largo del tiempo, *Fuente: USGBC.*

Basados en este principio, a continuación se presenta una investigación enfocada a una de las técnicas de certificación para edificios verdes la cual nos permite cuantificar concretamente el impacto ambiental positivo que dicha construcción pueda tener, desde la concepción hasta el uso final del mismo, se hace referencia a la certificación LEED.

2.2. ¿QUÉ ES LEED?

Los problemas ambientales que la sociedad está enfrentando en la actualidad no son nuevos ni son una sorpresa, son el resultado de las malas políticas adoptadas a través de los años. A raíz de que muchos expertos anunciaron los problemas ambientales que se estaban sufriendo a nivel mundial, varios sectores de la población comenzaron a buscar mecanismos para tratar de frenar y atenuar los impactos ambientales que la humanidad está causando.

En 1993 surge el movimiento de la Construcción Sustentable, sus pioneros David Gottfried, Mike Italiano y Rick Fedrizzi concibieron la creación del Consejo de Edificaciones Sustentables de Estados Unidos (US Grenn Building Council: USGBC) con la finalidad de modificar la industria de la construcción hacia la sustentabilidad. El Consejo comenzó a trabajar en la elaboración de un sistema capaz de medir, calificar y certificar los edificios sustentables, de esta forma nace el sistema "Líder en Energía y Diseño Ambiental" (Leadership in Energy and Environmental Design: LEED).

La evaluación LEED consiste en un sistema de puntaje obtenido por un proyecto en las categorías de Sitios Sustentables, Eficiencia en el Uso del Agua, Energía y Atmósfera, Calidad del Ambiente Interior, Materiales y Recursos e Innovación en el diseño. En base al puntaje obtenido LEED certifica a los edificios en: Certificado, Plata, Oro y Platino.

La obtención final de la Certificación, así como del nivel de Certificación (Certificado, Plata, Oro, Platino) depende de una evaluación final del edificio: desde el certificado básico, que se consigue con la mínima puntuación, hasta llegar al nivel de plata, oro y platino, la máxima calificación.

El prestigio del sistema de certificación LEED se debe a que es riguroso, sin embargo es fácil de entender y aplicar, es a la vez muy flexible, por la gran variedad de conceptos que se manejan, lo que permite aplicarlo, en algunos casos, sin caer en costos adicionales de importancia, trabajando los puntos más asequibles y aquellos que significan ahorros de acuerdo a los usos locales.

El sistema LEED, acrónimo en inglés de "Liderazgo en Diseño Energético y Ambiental", consiste en la evaluación de una construcción según seis criterios principales: sostenibilidad, eficiencia en el uso del agua, energía y atmosfera, materiales y recursos empleados, calidad del ambiente interior e innovación y proceso de diseño. El uso eficiente de la energía es el valor que más puntúa en la certificación LEED. Una construcción que siga el tipo de certificado LEED, comparada con otra convencional, reduce entre el 30% y el 70% de consumo de energía, del 30% al 50% el consumo de agua, entre el 50% y el 90% del coste de los residuos, y aproximadamente el 35% de las emisiones de dióxido de carbono.

Conseguir cumplir con el conjunto de normas necesario para obtener la acreditación LEED, suele incrementar los costes de construcción y diseño. Una construcción con nivel plata puede aumentar su presupuesto total en más de un 2%[10]. Este sobrecoste, suele ser porque constructores y diseñadores no están aún familiarizados con las técnicas sostenibles, por lo que necesitan más tiempo y esfuerzo así como materiales y equipamientos específicos. La certificación LEED supone, además, un gasto en sí mismo. Pero se ha de tener en cuenta que

[10] Portela, J.M., Viguera, J.L; La Certificación LEED, como cumplir con un conjunto de normas para la sostenibilidad en el proyecto de Ingeniería; http://www.uclm.es/actividades/2010/congresoIM/pdf/cdarticulos/225.pdf

el ahorro que supone seguir esta certificación, amortiza los sobrecostos a partir del tercer año en promedio, y siempre incrementa la calidad de vida. A medida que estos sistemas de construcción ecológica se generalicen, se espera que sus costes se reduzcan.

En estos sistemas de certificación, se proponen una gran variedad de sistemas ecológicos: agua caliente sanitaria (ACS) con energía solar térmica y paneles fotovoltaicos en el techo, climatización natural, dispositivos con eficiencia energética "Energy Star", bajo consumo de agua, madera con certificación FSC y papel reciclado, aislamiento y ventanas de alta eficiencia para aprovechar la luz y el calor, aprovechamiento del agua de lluvia, suelo radiante, luces de bajo consumo, etcétera. La principal crítica a la certificación LEED según la Sociedad Americana de Acústica, es cómo la certificación LEED valora el aislamiento del ruido en hospitales y escuelas, pero no en el resto de edificaciones.

Un edificio sostenible o ecológico es una estructura que se diseña, construye, renueva, opera o se vuelve a utilizar de forma ecológica y eficiente con los recursos. Se ha de tener en cuenta todo el ciclo de vida de un edificio, desde el diseño a la obtención de las materias primas, hasta que éstas regresan al medio en forma de residuos.

Los edificios ecológicos se diseñan para cumplir objetivos, tales como ser saludable para sus ocupantes; mejorar por sus condiciones la productividad de los empleados; hacer un uso más eficaz de la energía, el agua y otros recursos; y reducir el impacto general de la edificación en el medio ambiente.

El Sistema de Certificación LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) es un estándar voluntario y una referencia en edificación sostenible a nivel mundial, aceptada globalmente como norma en cuanto al diseño, edificación y gestión de edificios sostenibles y eco eficientes.

Es más que probable que el éxito que está alcanzando la certificación LEED es debido a su planteamiento colaborador, como intenta trabajar en un mercado integrado y como trata de llegar a un consenso para superar normas existentes y prácticas comúnmente aceptadas, todo dentro de la premisa que se está imponiendo a partir de la una preocupación de los distintos Estados sobre el calentamiento global, la responsabilidad medioambiental y la solución constructiva obvia de construye verde.

En E.E.U.U., la Entidad del Gobierno que tiene en propiedad y explota todos los edificios federales es la General Services Administration (GSA), cuya posición respecto a la acreditación LEED es la de calificarla como la más creíble de entre todos los Sistemas de Clasificación de Edificios Sostenibles que existen en el mundo.

La certificación LEED ha progresado rápidamente en pocos años en un mercado mundial en constante progreso hacia la construcción sostenible, siendo este un mercado que ha estado teniendo un impulso añadido por parte de promotores privados y públicos de edificios y

desarrollos urbanísticos. Esta certificación se comenzó realmente a definir tal y como la conocemos hoy sobre el año 2000 por el U.S. Green Building Council (USGBC), teniendo en cuenta la definición de un edificio ecológico y cómo proporcionar un medio de medición y certificación respecto a si la construcción es ecológica.

El U.S. Green Building Council (USGBC) ha desarrollado 6 estándares de calificación dependiendo de la aplicación de cada instalación:

- LEED-NC (New Construction): Edificios nuevos y grandes remodelaciones (enfocado principalmente a los edificios de oficinas), es un sistema de clasificación de edificios sostenibles diseñado para guiar y distinguir a los edificios de oficinas e institucionales de alta eficiencia.
- LEED-EB (Existing Buildings): Funcionamiento y mantenimiento en edificios existentes, es un sistema que maximiza la eficiencia en el funcionamiento y mantenimiento mientras que al mismo tiempo minimiza los impactos en el medioambiente y aumenta el bienestar de los ocupantes.
- LEED-CI (Commercial Interiors): Remodelaciones de interiores, es un sistema para la mejora de los espacios de edificios o para remodelaciones menores. LEED-CI da la oportunidad a los diseñadores de interiores de realizar adecuaciones sostenibles en edificios en los que no tienen control sobre el funcionamiento de la totalidad del edificio. Los créditos de LEED-CI se enfocan específicamente en aspectos que probadamente contribuyen a la productividad del empleado; 1º Confort Térmico, 2º Acceso a la luz del día y vistas al exterior, 3º Minimizar los contaminantes interiores, 4º Manejo de la iluminación y la temperatura.
- LEED-CS (Core and Shell): Envolvente y núcleo, la construcción de envolvente y núcleo cubre los elementos base del edificio, tales como la estructura, fachada y cubiertas así como los sistemas e instalaciones a nivel de todo el edificio, tales como las instalaciones centrales de climatización, electricidad, etc. Esta acreditación tiene en cuenta las relaciones de sinergia que permitan a los futuros inquilinos beneficiarse de las estrategias sostenibles implantadas por el promotor. Estas áreas clave suelen ser; distribución interna del espacio, decoración y acabados, elementos de sombra interiores, mobiliario, iluminación de puestos de trabajo, etc.
- LEED-H (Homes): Viviendas unifamiliares. Es una herramienta muy necesaria para los constructores, los propietarios y los gobiernos locales para construir lugares medioambientalmente responsables, saludables y eficientes en recursos para vivir. LEED-H se encuentra en la fase Piloto.
- LEED-ND (Neighborhood Development): Desarrollos de urbanismo, integra los principios de crecimiento inteligente, urbanismo y Sostenibilidad. Está guiado por los 10 principios del crecimiento inteligente que incluyen; compacidad, proximidad al transporte público, mezcla de tipos de usos, mezcla de tipos de edificios, elementos

que favorecen el uso de peatones y bicicletas. Es un incentivo, una señal definida para proyectar y construir mejor urbanizaciones y edificios.

Los sistemas de certificación han surgido con la finalidad de hacer frente a la problemática ambiental, pero además para definir la sustentabilidad de una manera sistemática para poder establecer un método comparativo entre edificaciones. Además las certificaciones miden las eficiencias en los ahorros de energía, agua, transporte, materiales, entre otros.

En El Salvador, algunas instituciones comerciales, principalmente entidades multinacionales, han obtenido algún tipo de certificación LEED para sus edificaciones, pero al no existir una normativa que obligue a los constructores a seguir parámetros en la búsqueda de edificaciones sustentables, los contratistas optan por edificaciones orientadas a disminuir costos constructivos. Según el sitio web de la USGBC en El Salvador hay únicamente tres sitios certificados: Los bancos Citi de Santa Elena y Multiplaza (con el nivel de certificación menor) y el Edificio Corporativo de Sherwin Williams con certificación nivel Oro.

Varios países a nivel mundial han adoptado políticas similares a la certificación LEED para fomentar la sustentabilidad de sus edificaciones, no solo para las nuevas, pues LEED también abarca certificaciones para edificaciones ya existentes. En El Salvador, algunos directorios comprometidos con el medio ambiente han incentivado estudios en la búsqueda de campus amigables con el ambiente, también denominados como "campus verdes".

Es importante hacer notar, que como entes de educación superior, las universidades deben interesarse en el cambio climático, pero no hacerlo únicamente en papel, deben ser los pioneros en la búsqueda de edificaciones amigables con el ambiente. Deben incentivar a la sociedad a hacer un cambio positivo en el medio ambiente y que mejor forma de hacerlo que propiciando políticas que busquen la sustentabilidad, de esta forma estarán dando un paso importante y motivarán a los profesionales en formación a extender dichos principios fuera del campus y ya en ambientes laborales, todo esto con el objetivo de crear una conciencia social sobre el cambio climático y las formas de contribuir en su atenuación.

2.3. ¿PARA QUÉ SE CREÓ LEED?

La creación de la certificación LEED responde a un esfuerzo conjunto de diversos organismos con una visión de optimización del uso de la energía, con el objetivo de reducir el impacto ambiental que la humanidad provoca en el planeta, actualmente y desde hace algunos años los efectos del cambio climático han sido sumamente perceptibles, LEED es por tanto una vía para asegurar que la arquitectura y construcción existente y por construir haga un uso eficiente de la energía y por tanto permita atenuar los efectos negativos ocasionados al medio ambiente.

La certificación LEED representa una cultura, una forma de entender la vida y el trabajo; una filosofía que contribuye a aumentar la productividad, generando un entorno saludable y amigable para los trabajadores, permitiendo a su vez, una reducción de las emisiones de CO2 a

la atmósfera, la conservación del agua o la reducción de los residuos, durante todo el proceso productivo. A continuación se muestran sus principales propósitos:

- Definir "edificio sostenible" estableciendo un estándar de medición común.
- Promover prácticas de proyecto integradoras y para la totalidad del edificio.
- Reconocer el liderazgo medioambiental en la industria del medio construido.
- Estimular la competencia en Sostenibilidad.
- Elevar la apreciación del consumidor sobre los beneficios que aportan los edificios sostenibles.
- Transformar el mercado del medio construido hacia la sostenibilidad.

Reduce:

- El impacto ambiental.
- Descenso del uso de energía 20-25%.
- Descenso de las emisiones de CO2 33%.
- Descenso del uso del agua 40-50%.
- Descenso del residuo sólido 25%.

Aumenta:

- 20% Rendimiento de los usuarios.
- 2-16% Incremento en la productividad.
- Incremento en la producción.
- Incremento en ventas.
- Imagen de marca.

2.4. USGBC

El Consejo de Edificaciones Sustentables de Estados Unidos (U.S. Green Building Council - USGBC) es una organización sin ánimo de lucro que promueve la sostenibilidad en el diseño, construcción y funcionamiento de los edificios en EE.UU. Fue fundado por su actual CEO Rick Federizzi, Mike Italiano y David Gottfried en el año de 1993.

Es conocido principalmente por el desarrollo del sistema de directivas del Leadership in Energy and Environmental Design (LEED), conferencia verde que promueve la industria de la construcción de los edificios verdes, incluyendo los materiales medioambientalmente responsables, técnicas de arquitectura sostenible y cumplimiento de las normativas públicas vigentes.

Comprende más de 13.000 organizaciones miembros de cada sector de la construcción y trabaja para promover los edificios que son medioambientalmente responsables, provechosos y lugares sanos donde vivir y trabajar. Para alcanzar esto ha desarrollado una variedad de

programas y servicios, que trabajan de cerca con organizaciones de la industria dominante, con las agencias de investigación y con las agencias tanto federales, del estado, así como con las locales.

También ofrece una serie de oportunidades educativas, incluyendo talleres y seminarios en internet enfocados en la educación del público en general y de los profesionales de la industria en diversas facetas del sector de la construcción verde, desde los fundamentos hasta una información más técnica. A través de su Green Building Certification Institute, anteriormente el LEED Accredited Professional Program (programa LEED de Acreditación Profesional), el USGBC brindó a profesionales de la industria la ocasión de desarrollar maestría en el campo del edificio verde y de recibir la acreditación como profesionales del edificio verde.

Actualmente existen más de 13,000 organizaciones a nivel mundial que forman parte de la USGBC, en distintos rubros, desde la construcción, hasta empresas comerciales o industriales. Además de las organizaciones, también existe una comunidad de más de 100 mil personas entre voluntarios y profesionales que se involucran en la promoción de edificios verdes.

2.5. PROCESO DE CERTIFICACIÓN LEED

Las modelaciones energéticas para buscar la certificación LEED están basadas en diversas normas dependiendo de los rubros y los puntos a los que se quiera aspirar, en la región lo más común es buscar certificaciones para nuevas edificaciones (NC) y para núcleo y capa exterior (Core and Shell Cs). Para estos casos las modelaciones están basadas en códigos ASHRAE, principalmente 62.1 para calidad de aire interior, ASHRAE 55 para confort térmico y AHSRAE 90.1 para eficiencia energética.

Un aspecto importante de la modelación es que se debe generar un modelo de base del edificio que cumpla con los requerimientos mínimos de dichas normas, los cuales, en algunos casos varían acorde a la zona climática donde se encuentre el proyecto, por ejemplo El Salvador está catalogado en el tipo de zona 2A. Posteriormente, los modelos propuestos deberán estar por debajo de los valores límites de las normas aplicables.

En la acreditación/certificación LEED el proceso se inicia con el registro del proyecto, a continuación se prepara la documentación (planos, diseño, objetivos, tiempo de ejecución…) y los cálculos para satisfacer los prerrequisitos. Evidentemente el proyecto ha de demostrar su compromiso con la sostenibilidad y cumplir con las normas previamente definidos por la USGBC para la certificación de los edificios.

Es necesaria una pre-certificación como paso anterior a la obtención de la certificación. Se entiende que es como el reconocimiento formal otorgado por el USGBC al proyecto en su fase inicial y que verifica el cumplimiento de los prerrequisitos y un mínimo número de puntos para conseguir el nivel de certificación LEED.

Para obtener la certificación los edificios deben cumplir una serie de requisitos relativos a la calidad del aire interior, almacenaje, sistema de recepción de las instalaciones, rendimiento energético, sistemas de climatización sin CFCs, control de la erosión y sedimentación durante la obra.

La obtención final de la Certificación, así como del nivel de Certificación (Certificado, Plata, Oro, Platino) quedará pendiente de una evaluación final del edificio: desde el certificado básico, que se consigue con la mínima puntuación, hasta llegar al nivel de plata, oro y platino, la máxima calificación.

Hay diferentes versiones para calificar a los diferentes tipos de edificios, desde el más común, el LEED 2009, hasta el LEED v2.2, para nuevas construcciones y renovaciones importantes en edificios comerciales. El LEEDNC 3.0, incluye el concepto de huella de carbono para reducir la emisión de gases de efecto invernadero más allá de un nivel básico. Desde 2008, el Green Building Certification Institute acredita a los profesionales que quieran convertirse en evaluadores oficiales LEED.

LEEDv4 es la actualización más reciente del sistema de Clasificación de Edificios Sostenibles LEED. Los cambios respecto a la versión LEEDv3, ó LEED 2009 como también es conocida, se producen en tres categorías principales: Nuevos Sectores de Mercado, Rigor Técnico Aumentado y Servicios más Rápidos. LEEDv4 sube el listón del liderazgo en sostenibilidad.

El pasado Junio 2013 se aprobó LEEDv4, que entró en vigor este mes de Noviembre 2013, a partir del cual existieron unos meses de solape con la versión LEEDv3. Esta aprobación se produce tras 6 Periodos de Exposición Pública en los cuales se recibieron más de 22.000 comentarios de los Miembros, la prueba durante 12 meses de la versión Beta, la Creación de un Cuerpo de Consenso y la votación final por todos los miembros del USGB.

En la versión v4 LEED es posible obtener hasta 110 puntos, y los diferentes niveles de acreditación son los siguientes: Certificado – 40 a 49 puntos; Plata – 50 a 59 puntos; Oro – 60 a 79 puntos; Platino – 80 o más puntos.

El proceso de certificación LEED lo realiza el USGBC. El proceso exige una extensa recopilación de información sobre el proyecto, un riguroso análisis de los condicionantes de diseño y la solución implantada, así como la realización de cálculos, simulaciones y otras medidas justificativas a presentar al GBCI. Consta de las siguientes fases:

2.5.1. REGISTRO DEL PROYECTO EN EL USGBC

Lo realiza, el que será administrador del proyecto, a través de la aplicación web www.LEEDonline.com. Existe un link directo autorizado por USGBC, desde la página web de GBC de cada país a LEED on-line. Una vez completado el mismo, el USGBC/GBCI proporciona acceso a las herramientas disponibles on-line, documentación, comunicaciones y otras informaciones esenciales para la realización del proceso de certificación.

2.5.2. DEFINIR EL TIPO DE CERTIFICACIÓN A OPTAR

Es necesario identificar el tipo de certificación para el cual la instalación en cuestión aplica. En el caso específico de este estudio, al ser una instalación ya construida, el estudio se centrará en la categoría LEED-EB para edificaciones existentes.

2.5.3. PRE EVALUACIÓN

La información recopilada para cada crédito se evalúa y se declara al USGBC, reflejando así un compromiso de las intenciones y metas del proyecto.

2.5.4. SOLICITUD DE LA CERTIFICACIÓN

La metodología LEED permite la realización del proceso de certificación de modo combinado que consiste en una única entrega al final de la fase de construcción o bien separándolo en 2 fases, como sigue:

- Fase de diseño, se establecen los criterios a adoptar en el proyecto y las consideraciones en el diseño a seguir. LEED considera que la documentación y estrategias seguidas en el diseño del proyecto hasta su comienzo en obra permite justificar adecuadamente ciertos créditos los cuales pueden ser entregados para revisión por el USGBC/GBCI en esta primera fase (Design Phase Review). El USGBC/GBCI anticipa, deja pendientes de clarificación, o bien deniega las estrategias consideradas en el diseño para la consecución de estos créditos. El equipo de diseño puede entonces realizar las modificaciones u objeciones oportunas a los comentarios del GBCI para solventar las posibles deficiencias en la documentación.

- Fase de construcción, se comprueba que lo establecido en el diseño se lleva a cabo en la fase de construcción para aquellos créditos que se hayan entregado en la fase de diseño y se aporta justificación de los restantes créditos objetivo del proyecto. Para completar con éxito el proceso de certificación LEED es crítico designar un LEED Manager/Consultor responsable de asesorar y vigilar el cumplimiento de los diferentes créditos y pre-requisitos, preferentemente desde la fase conceptual del proyecto, así como de recopilar la información, completar las plantillas, realizar cálculos o simulaciones especificas LEED según sea necesario para generar las justificaciones documentales que exige el USGBC/GBCI. Este proceso requiere la coordinación y el trabajo de producción del equipo de diseño y obra.

Por último indicar, que desde el registro del proyecto hasta la entrega de la certificación el equipo de diseño, a través del LEED Manager, no está sólo, y puede consultar al USGBC/GBCI sobre estrategias que no estén claras o dudas que vayan surgiendo. Dentro de las ayudas que el USGBC/GBCI pone a nuestra disposición contaremos con la posibilidad de utilizar la petición de clarificación a través de las CIR (Credit Interpretation Request) al que se pueden acoger todos los proyectos registrados así como la base de datos con todas las preguntas hechas y respuestas anteriores dadas por el USGBC/GBCI. Los CIR ya no son públicos y comunes sino específicos para cada proyecto-Revisión por USGBC.

2.5.5. REVISIÓN Y CERTIFICACIÓN

Para cada una de las fases descritas en el apartado anterior, el USGBC/GBCI comprueba exhaustivamente el cumplimiento de los prerrequisitos y de los créditos marcados como objetivo para el proyecto según lo aportado por el LEED Manager/ Administrador LEED online, obteniéndose una puntuación u otra según los créditos sean otorgados/denegados lo que determina el nivel de certificación LEED® alcanzado por el edificio (certificado, plata, oro y platino).

Este proceso es guiado por un profesional con una cualificación otorgada por USGBC denominado Profesional Acreditado en LEED, "LEED-AP".

USGBC otorga un título de profesionales acreditados "LEED-AP" a aquellos profesionales:

- Conocedores de procedimiento y la gestión del cumplimiento de los créditos
- Cuya misión es asesorar en el proceso de ejecución de los créditos
- Preparación de la documentación "templates" necesaria para solicitar la certificación LEED,
- El incorporar un LEED AP dentro del proyecto, no es un requisito indispensable, aunque sí muy aconsejable, y aporta un punto a los 110 máximos alcanzables.

2.6. TARIFAS LEEED

La tarifa de registro es una tarifa plana pagadera en el momento del registro; los índices se basan en la fecha de registro. La tarifa de certificación depende del sistema de clasificación y el tamaño del edificio; se calcula y se paga cuando el equipo del proyecto remite la documentación para la revisión en LEED Online. Las tarifas para la revisión estándar y la revisión por partes cubren tanto las revisiones preliminares como las definitivas.

A continuación, en la Tabla 11 se presenta un resumen de los costos asociados a la certificación O+M en edificaciones existentes, a la cual, debería estar aplicando la Universidad don Bosco. También se ha tomado en cuenta los impuestos que actualmente deberán considerarse en base a las leyes fiscales salvadoreñas.

Tabla 11. Tarifas de certificación LEED para la categoría Operación y Mantenimiento (O+M)

Tarifas O+M	
Registro	
Registro no miembros	US$1,200.00
Revisión Inicial	
Superficie bruta construida (excluyendo aparcamiento) menos de 4,650 m2	US$2,000.00
Tasa de certificación	
Superficie bruta construida (excluyendo aparcamiento) menos de 4,650 m2	US$2,000.00
Impuestos locales	
IVA (13%)	US$676.00
Witholding Tax (20%)	US$1,040.00
Total	**US$6,916.00**

2.7. LEED EN CAMPUS EDUCATIVOS

Diversos estudios realizan comparaciones entre un edificio eco eficiente y un edificio convencional, los cuales demuestran que los primeros presentan grandes beneficios, tales como un 26% menos de consumo de energía, un 13 % menos en costos de mantención del edificio y un 33% menos de contaminación de gases efecto invernadero. Asimismo, en cuanto a la satisfacción de los ocupantes de un edificio eco eficiente, éste presenta una mejor percepción de satisfacción cuantificado en un 27% por sobre un edificio convencional. (Admin.GSA, 2008).

El estudio realizado por el Departamento de energía y la investigación ambiental de la Universidad de Palermo, Italia; y el Departamento de Arte, Ciencia y Tecnología de la Universidad Mediterránea de Reggio Calabria, Italia, presenta los resultados de una evaluación de la energía y del medio ambiente de un conjunto de acciones de reacondicionamiento ejecutadas en el marco del proyecto de la UE "BRITA" (Traer Readaptación e Innovación para la aplicación en los edificios públicos).

Dichas acciones implementadas en seis edificios públicos, arrojó como resultados que las acciones de reacondicionamiento ambiental implican aproximadamente desde el 30% al 50% en algunos casos en ahorro de energía para la climatización. Además en cuanto a la electricidad el mayor ahorro se logró en el caso de estudio Stuttgart con un 90 %.

Un estudio realizado a 33 edificios, 25 de éstos correspondían a oficina y 8 a escuelas, sobre los costos y beneficios financieros de la edificación verde, concluye que una inversión inicial mínima de un 2 % de costos de construcción, por lo general, permite un ahorro del ciclo de

vida de más de diez veces la inversión inicial. Por ejemplo, una inversión inicial de suscripción de hasta 100.000 dólares para incorporar características de construcción verde en un proyecto de 5 millones de dólares da como resultado, un ahorro de por lo menos 1 millón durante la vida del edificio, asumido conservadoramente en 20 años.

De acuerdo con la Revista Iberoamericana de la educación, se hace mención sobre la necesidad de incorporar la renovación ambiental de los edificios universitarios en base a lo siguiente: Partiendo de la idea de que la educación está institucionalizada en las escuelas, en los institutos y en las universidades, bien podían estas instituciones tener una mayor responsabilidad en la divulgación de valores coherentes con el entorno.

Las decisiones no sólo deberían afectar a la incorporación de programas de educación ambiental dentro de los currículum, las propias instituciones de educación superior deben estar diseñadas para transmitir este tipo de mensajes en su arquitectura, en el uso modélico que hacen de sus recursos, en la planificación, en el manejo y mantenimiento de zonas verdes y la adecuación de espacios de ocio que rodean al centro o institución educativa.

El análisis de ciclo de vida representa un enfoque integral para examinar el impacto de un edificio al medio ambiente, éste es un proceso en donde los flujos de materiales y energía de un sistema se cuantifican. En un estudio del ciclo de vida y desempeño ambiental de un edificio universitario de la Universidad de Michigan, se dejó en evidencia el consumo de energía que éste poseerá durante su vida útil de 75 años.

La aplicación de eco eficiencia en los edificios, específicamente en los edificios universitarios, resulta clave para la reducción global del consumo de recursos y las emisiones generadas. Sin embargo, no basta sólo con la incorporación de dicha eficiencia a las nuevas edificaciones, los esfuerzos más importantes deben dirigirse y aplicarse a los edificios ya existentes, puesto que reduce sustancialmente los efectos adversos de los edificios sobre el medio ambiente, la salud humana, la economía y además es un escenario privilegiado en la formación de futuras sociedades más sustentables.

Haciendo referencia a los criterios de evaluación de LEED, se presenta como ejemplo el caso de la Universidad de Harvard, específicamente el edificio de Blackstone South, en donde luego de conseguir la certificación LEED platinium como construcción nueva en el año 2006, cinco años más tarde lograron la certificación LEED-EB, para edificios existentes.

Dentro de las medidas tomadas en el edificio de Harvard se destacan el uso de programas de desplazamientos alternativos a través del transporte público, la bicicleta, o medidas como compartir el viaje en automóvil. También se redujo el efecto de isla de calor por medio de utilización de techos con un alto índice de reflectancia solar, el cual además se contempla una limpieza semestral de la cubierta. Eficiencia del agua: Lograr la implementación de prácticas

eficientes del consumo de agua, a través de la disminución del agua de riego, así como también utilizando artefactos de bajo consumo, entre otras similares.

En cuanto a la eficiencia del agua, el plan es reducir el consumo del agua dentro de los edificios, para reducir las cargas que pesan sobre el suministro de agua potable y sistemas de aguas residuales. Con la instalación de los elementos y accesorios sanitarios de bajo consumo durante la construcción eficiente, el edificio fue capaz de reducir su consumo de agua en un 44,85 %.

Energía y Atmósfera: Se busca optimizar el rendimiento de la eficiencia energética, en base al diseño de calefacción, refrigeración y funcionamiento del proyecto. Durante el año 2008 el edificio fue sometido a una extensa medición y proceso de auditoría identificando seis puntos de consumo para los cuales se implementaron medidas inmediatamente.

Como por ejemplo, la utilización de un medidor portátil para medir la potencia real a dispositivos específicos (computadores de oficina, cafeteras, refrigeradores y máquinas de refrescos con un consumo total de 400 [w/h], pudiendo reducir 121 [w/h] solo apagando computadores fuera del horario de uso. En sistemas de iluminación, se verificó la correcta operación de todos los sensores de ocupación y se restableció los temporizadores en luces exteriores para reducir el uso a cuatro horas por día durante el verano. Posterior al proceso de medición y verificación el edificio pudo llegar a un consumo 20% menor al modelo energético previsto desde el inicio por medio de la línea base.

CAPÍTULO III. CASO DE ESTUDIO – UNIVERSIDAD DON BOSCO CAMPUS ANTIGUO CUSCATLÁN

3.1. INTRODUCCIÓN

El campus de Postgrados de la Universidad don Bosco en Antiguo Cuscatlán actualmente cuenta con diversos sistemas de energía los cuáles pueden optimizarse, la optimización de los mismos debe realizarse siguiendo criterios normados los cuales además de permitir un ahorro en el consumo de energía, la reducción equivalente de toneladas de CO2 y el ahorro en el consumo de agua potable, le permitan obtener una certificación internacional que avale que el proceso seguido es realmente el de una edificación sustentable.

La sustentabilidad ambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrenta El Salvador es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. Solo así se puede alcanzar un desarrollo sustentable. Las modelaciones energéticas para buscar la certificación LEED están basadas en diversas normas dependiendo de los rubros y los puntos a los que se quiera aspirar, en el caso específico del campus en cuestión se aplicarán los principios relacionados a la certificación LEED-O+M para edificaciones existentes (escuelas). Para estos casos las modelaciones están basadas en códigos ASHRAE, principalmente 62.1 para calidad de aire interior, ASHRAE 55 para confort térmico y AHSRAE 90.1 para eficiencia energética.

Un aspecto importante de la modelación es que se debe generar un modelo de base del edificio que cumpla con los requerimientos mínimos de dichas normas, los cuales, en algunos casos varían acorde a la zona climática donde se encuentre el proyecto, por ejemplo El Salvador está catalogado en el tipo de zona 2A. Posteriormente, los modelos propuestos deberán estar por debajo de los valores límites de las normas aplicables.

Dependiendo del tipo de proyecto que se esté planeando se puede optar a obtener puntos en los diversos rubros que LEED revisa, en realidad la certificación final está basada en el total de los puntos obtenidos en dichos rubros,

1. Sitios Sustentables (10 puntos)

2. Eficiencia en el Uso del Agua (12 puntos)

3. Energía y Atmósfera (38 puntos)

4. Materiales y Recursos (8 puntos)

5. Calidad del Ambiente Interior (17 puntos)

6. Innovación en el Diseño (6 puntos)

7. Localización y Trasporte (15 puntos)

8. Prioridad Regional (4 Puntos)

La categoría Parcelas Sostenibles recompensa las decisiones sobre el ambiente que rodea al edificio, con créditos que enfatizan las relaciones vitales entre edificios, ecosistemas y servicios para los ecosistemas. Se centra en restaurar elementos de la parcela del edificio, integrar la parcela con los ecosistemas local y regional y preserva la biodiversidad de la que dependen los sistemas naturales.

La sección Eficiencia en el Uso del Agua afronta el tratamiento del agua de forma holística, fijándose en el consumo interior, el consumo exterior, usos especializados y medición. La sección se basa en un planteamiento de lo "lo primero la eficiencia" para la conservación del agua. Como resultado, cada prerrequisito busca la eficiencia en agua y la reducción del consumo de agua potable únicamente. Después, los créditos adicionalmente reconocen el consumo de agua no potable y de fuentes de agua alternativas.

La categoría Energía y Atmósfera enfoca la energía desde una perspectiva holística, dirigiéndose a la reducción del consumo de energía, las estrategias de diseño eficiente en energía y las fuentes de energías renovables.

La parte más larga del ciclo de vida de un edificio es la fase de uso, denominada habitualmente fase de operación. Para poner el foco en la reducción de impactos ambientales durante la operación del edificio, la categoría de créditos MR Materiales y Recursos se centra en el flujo constante de productos que se compran y se descartan para sostener el funcionamiento del edificio. El ciclo de vida de estos productos y materiales - desde la extracción, el procesado y el transporte hasta el uso y el vertido - puede causar un amplio rango de daños medioambientales y para la salud humana. Para reducir estas cargas y con ello el impacto global de un edificio durante la fase de operación, los equipos de proyecto deben vigilar de cerca las operaciones de gestión de compras y residuos en los edificios existentes.

La categoría de Calidad Ambiental Interior (CAI) recompensa las decisiones tomadas por los equipos de proyectos sobre la calidad del aire interior y el confort térmico, visual y acústico. Edificios sostenibles con buena calidad del aire interior protegen la salud y el confort de los ocupantes del edificio. Ambientes interiores de alta calidad también mejoran la productividad, disminuyen el absentismo, mejoran el valor del edificio y reducen las responsabilidades de diseñadores y propietarios del edificio.

Innovación en el diseño: Las estrategias y medidas de diseño sostenible están constantemente evolucionando y mejorando. Las nuevas tecnologías se introducen continuamente en el mercado y la investigación científica hasta la fecha influye en las estrategias de diseño de edificios. El propósito de esta categoría de LEED es reconocer edificios por sus características de construcción innovadora y estrategias y prácticas de construcción sostenible.

La categoría Localización y Transporte (LT) premia las decisiones meditadas por el equipo de proyecto sobre localización del edificios y cómo dicha localización afecta a los modelos de desplazamiento. La infraestructura del transporte y los modelos de desplazamiento están a menudo entrelazados con modelos de uso del suelo y una infraestructura de transporte descentralizada y desarticulada puede contribuir a un desarrollo del suelo disperso e ineficiente. Así, el transporte alternativo es una parte importante de la eficiencia ambiental global de un proyecto.

Debido a que algunos temas ambientales son particulares de una región, diversos voluntarios de los capítulos del USGBC y de la Mesa Redonda Internacional de LEED han identificado distintas prioridades en sus áreas y los créditos que se dirigen a dichos temas. Estos créditos de Prioridad Regional animan a los equipos de los edificios a centrarse en las prioridades ambientales locales.

Mediante el desarrollo del presente documento, se pretende establecer el mecanismo adecuado para que dicho campus pueda optar a algún nivel de certificación LEED, el cual le permitirá en un futuro tener la opción de convertirse en el primer campus certificado a nivel nacional y servir como un ejemplo a otras instituciones educativas. Al ser una edificación ya existente y en vista que dentro del análisis se propone obtener una viabilidad económica para cualquier modificación que se sugiera, el presente estudio está enfocado a las categoría LEED-O+M (Edificación existente, escuela), además debido al tipo de usos de los recursos del campus, el estudio está enfocado en los rubros de energía y atmósfera y eficiencia en el uso del agua.

En el caso específico de la Universidad don Bosco, Universidad que ofrece la Maestría en Gestión de Energías Renovables, la cual está íntimamente ligada al uso sustentable de la energía, podría obtener un plus comercial al momento de ofrecer esta opción académica superior.

3.2. CERTIFICACIÓN LEED O+M (EDIFICIOS EXISTENTES)

Leed para edificios existentes - Operaciones y Mantenimiento, fue diseñado para certificar la sustentabilidad de las operaciones en curso de los actuales edificios comerciales e institucionales. Todos estos edificios, definidos por los códigos de construcción estándar, son elegibles para la certificación bajo LEED para edificios existentes: Operaciones y Mantenimiento. Incluyen oficinas, establecimientos comerciales y de servicios, edificios institucionales (bibliotecas, escuelas, museos, iglesias, etc.), hoteles, y edificios de viviendas de 4 o más pisos habitables.

En concreto, el sistema de clasificación se ocupa de la construcción exterior, programas de mantenimiento del sitio, el agua y el uso de la energía, los productos ambientalmente preferibles y las prácticas de limpieza y alteraciones, las políticas de compras sostenibles, la gestión de residuos, y en curso de calidad ambiental interior. De esta manera, LEED para

edificios existentes en su versión v4, genera para cada área de evaluación mencionadas anteriormente una lista de variables.

3.3. ENERGÍA Y ATMÓSFERA

La categoría Energía y Atmósfera (EYA) enfoca la energía desde una perspectiva holística, dirigiéndose a la reducción del consumo de energía, las estrategias de diseño eficiente en energía y las fuentes de energías renovables.

El mix de recursos energéticos actual en todo el mundo tiene un peso fuertemente inclinado hacia petróleo, carbón y gas natural. Además de emitir gases de efecto invernadero, estos recursos no son renovables: sus cantidades están limitadas o no se pueden reemplazar a la misma velocidad que se consumen. Aunque las estimaciones en relación con la cantidad restante de estos recursos varían, está claro que la dependencia actual de las fuentes de energía no renovable no es sostenible e implica cada vez más procesos de extracción destructiva, suministros inciertos, precios del mercado en aumento y vulnerabilidad en la seguridad nacional. Los edificios consumen aproximadamente el 40% de la energía total usada hoy en día, por lo que son contribuyentes significativos a estos problemas.

Una instalación que funciona bien no es solo más eficiente en energía sino que también es más sana y confortable para sus ocupantes. En edificios existentes, el objetivo es mejorar las operaciones del edificio. A través del proceso de auditoría, se identifican y priorizan las ineficiencias y oportunidades de mejora, generalmente de acuerdo con el coste y el beneficio. Los elementos de bajo coste o sin coste a menudo no cubiertos durante este proceso pueden generar ahorros y eficiencias sin inversiones de capital significativas. En un edificio eficaz y eficiente a nivel de operación, el personal comprende qué sistemas están instalados y cómo funcionan. La medición y la recepción continuas permiten al personal seguir el consumo de energía e identificar los problemas sobre una base consistente. Los empleados deben tener una formación tanto inicialmente como de forma continua para poder aprender nuevos métodos para la optimización de la eficiencia de los sistemas.

La recepción de edificios existentes es generalmente un grupo de tareas individuales que incluyen la monitorización de la eficiencia de los sistemas, la ejecución de ensayos funcionales y la verificación de la operación de los equipos. El tiempo en el que se realizan estas actividades se puede extender desde los seis hasta los dieciocho meses, dependiendo del horario de los empleados, las variaciones estacionales y los problemas identificados. La recepción continua organiza aquellas tareas dentro de un ciclo que se repite cada 24 meses o menos durante la vida útil del edificio. Algunos aspectos de la recepción en función de la monitorización, incluyendo la sub-medición, las tendencias en cada punto y el análisis de energía se pueden incorporar en un programa de recepción continua para ayudar a mejorar el proceso e identificar los problemas a tiempo real.

El proceso de recepción se centra en hacer funcionar el edificio eficientemente y usar la mínima energía posible; el suministro de parte de la energía a través de fuentes renovables en la parcela del edificio o la compra de energía verde van un paso más allá. La energía de combustibles no fósiles ayuda a equilibrar la demanda de las fuentes tradicionales y reduce las emisiones de gases con efecto invernadero.

La categoría EYA reconoce que la reducción del uso de combustibles fósiles se extiende más allá de los muros del edificio. Los proyectos pueden contribuir a incrementar la eficiencia de la red eléctrica involucrándose en un programa de respuesta a la demanda. La respuesta a la demanda permite a las compañías se servicios públicos reclamar a los edificios una disminución del consumo de electricidad durante horas punta, reduciendo la tensión en la red y la necesidad de hacer funcionar más centrales eléctricas, evitando potencialmente los costes de construcción de nuevas centrales. La modificación permanente de las cargas punta puede dirigirse a los mismos problemas que la respuesta a la demanda pero da como resultado la reducción de la demanda de forma continua, más que en el momento en que es requerida.

La American Physical Society ha descubierto que si se emplean medidas de eficiencia energética en los edificios nuevos y existentes y se reemplazan los equipos de calefacción, refrigeración, iluminación y otros equipos, el crecimiento de la demanda de energía procedente del sector de los edificios podría caer desde el 30% proyectado hasta cero desde la actualidad hasta 2030. La sección EYA apoya el objetivo de reducción de la demanda de energía a través de créditos conectados con la reducción del consumo, el diseño eficiente y el complemento del suministro de energía con renovables[11].

La USGBC ha estimado que los edificios y la industria de la construcción consumen el 39% de la energía producida cada año[12]. Por ello, la categoría de Energía y Atmósfera regula una amplia variedad de estrategias para la reducción del consumo energético y aumentar la eficiencia de los edificios:

- Optimización del comportamiento energético
- Instalaciones eficientes.
- Uso de Energías Renovables.
- Instalaciones eficientes.

[11] http://www.usgbc.org/credits/schools---existing-buildings/v4/energy-%26-atmosphere

[12] U.S. GREEN BUILDING COUNCIL. Member directory. Op., Cit. p. [en línea]. Disponible en: https://www.usgbc.org/myUSGBC/Members/ MembersDirectory.aspx?CMSPageID=140

La categoría de Energía y Atmósfera otorga la posibilidad de acceder a 38 créditos para la certificación LEED, los cuales se desglosan de la siguiente manera:

Tabla 12. Puntos disponibles en categoría Energía y Atmósfera

ENERGÍA Y ATMÓSFERA		**38**
EAP1	Mejores prácticas de gestión en eficiencia energética	R
EAP2	Mínima Eficiencia Energética	R
EAP3	Contador de Energía a Nivel de Todo el Edificio	R
EAP4	Gestión Básica de Refrigerantes	R
EAC1	Recepción del Edificio Existente - Análisis	2
EAC2	Recepción del Edificio Existente - Implantación	2
EAC3	Recepción Continua	3
EAC4	Optimización de la Eficiencia Energética	20
EAC5	Contador de Energía Avanzado	2
EAC6	Repuesta a la Demanda	3
EAC7	Energía Renovable y Compensaciones de Carbono	5
EAC8	Gestión de Mejora de Refrigerantes	1

3.3.1. EA PRERREQUISITO 1: MEJORES PRÁCTICAS DE GESTIÓN EN EFICIENCIA ENERGÉTICA

Propósito

Promover la continuidad de la información para asegurar que se mantienen las estrategias de funcionamiento eficiente en energía y proporcionar fondos para formación y análisis de sistemas.

Requisitos

Realizar una auditoría energética que cumpla los requisitos del análisis preliminar de consumo de energía de ASHRAE y la valoración del Nivel 1 de ASHRAE identificada en los Procedimientos de ASHRAE para Auditorías Energéticas de Edificios Comerciales o un equivalente.

Preparar y mantener los requisitos actuales de las instalaciones y un plan de operación y mantenimiento que contenga la información necesaria para hacer funcionar el edificio de forma eficiente. El plan debe incluir los siguientes elementos:

- una secuencia actual de operaciones del edificio;
- horarios de ocupación del edificio;
- horarios de funcionamiento de los equipos;
- puntos de consigna de todos los equipos de CVAC;
- puntos de consigna de los niveles de iluminación de todo el edificio;

- requisitos mínimos de aire exterior;
- cambios en los horarios o puntos de consigna para diferentes estaciones del año, días de la semana y horas del día;
- una narrativa de los sistemas describiendo los sistemas mecánicos y eléctricos y los equipos del edificio; y
- un plan de mantenimiento preventivo para los equipos del edificio descrito en la narrativa de los sistemas.

3.3.2. EA PRERREQUISITO 2: MÍNIMA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Propósito

Reducir los daños ambientales y económicos producidos por el consumo excesivo de energía estableciendo un nivel mínimo de eficiencia energética.

Requisitos

Caso 1. Proyectos elegibles para clasificación Energy Star

Para edificios elegibles para recibir una clasificación de eficiencia energética usando la herramienta de Gestión de Carteras ENERGY STAR(R) de EPA, lograr una clasificación de eficiencia energética de al menos 75. Para proyectos fuera de U.S., consultar el Estándar 90.1-2010 de ANSI/ASHRAE/IESNA, Apéndices B y D, para determinar la zona climática apropiada.

Caso 2. Proyectos no elegibles para clasificación Energy Star

Los proyectos no elegibles para usar el sistema de clasificación de EPA pueden comparar su eficiencia energética con la de edificios comparables, usando medias nacionales o edificios reales o la eficiencia previa del edificio.

Opción 1. Comparación de datos nacionales medios disponibles

Demostrar que la eficiencia energética es un 25% mayor que la eficiencia media de edificios similares haciendo la comparación frente a datos nacionales de fuentes de energía proporcionados en la Herramienta de Gestión de Carteras.

Si no hay datos medios nacionales de fuentes de energía disponibles para edificios de tipo similar, hacer la comparación frente a datos energéticos de al menos tres edificios similares, normalizados por clima, uso del edificio y ocupación. Demostrar una mejora del 25%.

Opción 2. Comparación de datos históricos

Si no hay datos medios nacionales de fuentes de energía disponibles, comparar los datos de energía del edificio en los 12 meses previos con los datos de tres años contiguos de los cinco

años previos, normalizados por clima, uso del edificio y ocupación. Demostrar una mejora del 25%.

3.3.3. EA PRERREQUISITO 3: CONTADOR DE ENERGÍA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO

Propósito

Apoyar la gestión energética e identificar oportunidades de ahorros energéticos adicionales mediante el seguimiento del consumo de energía de todo el edificio.

Requisitos

Instalar contadores de energía nuevos o usar los ya existentes para todo el edificio, o subcontadores que se puedan agregar para proporcionar datos de todo el edificio que representen el consumo total de energía del edificio (electricidad, gas natural, agua enfriada, vapor, fuel oil, propano, biomasa, etc.). Se aceptan contadores propiedad de la compañía de servicios energéticos capaces de agregar el consumo de recursos de todo el edificio.

3.3.4. EA PRERREQUISITO 4: GESTIÓN BÁSICA DE REFRIGERANTES

Propósito

Reducir la disminución de la capa de ozono en la atmósfera.

Requisitos

No utilizar refrigerantes de clorofluorocarbono (CFC) en los sistemas de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (CVAC&R) a no ser que una auditoría realizada por una tercera parte muestre que la sustitución o la conversión del sistema no es económicamente viable o a no ser que exista un plan en marcha para la conversión por eliminación gradual de CFC. Estos planes por fases se deben programar para completarse en 10 años. La sustitución o conversión de los equipos de CVAC&R se consideran no económicamente viables si la amortización directa de la sustitución o la conversión es mayor de 10 años. Realizar el siguiente análisis económico:

$$\text{Amortización simple} = \frac{\text{Coste de sustitución o conversión}}{\text{Diferencia de coste energético anual resultante} + \text{Diferencia de coste en mantenimiento y refrigerante anual resultante}} > 10$$

Si se mantienen en el edificio refrigerantes con base de CFC, reducir las pérdidas anuales al 5% o menos usando los procedimientos del Acta de Aire Limpio[13], Título VI, Regla 608, que regula la gestión y la información sobre refrigerantes (o una norma local equivalente para proyectos fuera de U.S.) y reducir la pérdida total durante la vida restante de la unidad a menos del 30% de su carga de refrigerante.

Las pequeñas unidades de CVAC&R (definidas así por contener menos de 225 gramos (0,5 libras) de refrigerante) y otros equipos, tales como refrigeradores estándar, pequeños enfriadores de agua y otros equipos que contengan menos de 225 gramos (0,5 libras) de refrigerante, están exentos.

3.3.5. EA CRÉDITO 1: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE (2 PUNTOS)

Propósito

Usar el proceso de recepción del edificio existente para mejorar la operación, la eficiencia energética y de recursos del edificio.

Requisitos

Evaluar la eficiencia actual del edificio frente a las especificaciones de eficiencia de los requisitos actuales de las instalaciones y el plan de operación y mantenimiento.

Identificar los componentes y sistemas de la instalación para analizarla como parte de la recepción del edificio existente o del proceso de auditoría energética. Proporcionar un desglose de los recursos estimados usados para cada uno de estos sistemas.

Opción 1. Recepción del Edificio Existente

Desarrollar un plan de recepción del edificio existente para inventariar y evaluar eficazmente las oportunidades específicas de los sistemas que están siendo analizados. El plan de recepción debe incluir lo siguiente:

- requisitos actualizados de las instalaciones existentes;
- miembros del equipo de recepción y sus papeles y responsabilidades durante el proceso de recepción;
- una descripción del planteamiento para identificar y analizar las oportunidades de mejora de las instalaciones;
- el proceso para revisar y priorizar las oportunidades identificadas con el propietario y para desarrollar un plan de implantación;
- formato y contenido de los eventuales entregables derivados del proceso de recepción; y el programa propuesto.

[13] Clean Air Act: http://www.ucsusa.org/global_warming/solutions/reduce-emissions/the-clean-air-act.html#.V4EiCfnhDIU

- *Opción 2. Auditoría Energética*

Desarrollar un plan de auditoría energética siguiendo los requisitos de ASHRAE Nivel 2, Estudio y Análisis Energético, para evaluar las oportunidades de eficiencia. El plan de auditoría debe incluir lo siguiente:

- los miembros del equipo de auditoría y sus papeles y responsabilidades durante el proceso de auditoría;
- una descripción del planteamiento para identificar y analizar las oportunidades de mejora de las instalaciones;
- el proceso para revisar y priorizar las oportunidades identificadas con el propietario y desarrollo de un plan de implantación;
- el formato y el contenido de los eventuales entregables derivados del proceso de auditoría; y
- el programa propuesto.

3.3.6. EA CRÉDITO 2: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE - IMPLANTACIÓN (2 PUNTOS)

Propósito

Usar el proceso de recepción del edificio existente para mejorar las operaciones, la eficiencia energética y de recursos del edificio.

Requisitos

Implantar mejoras operativas sin coste o a bajo coste y desarrollar un plan a cinco años para sustitución de equipos y grandes modificaciones o mejoras en función de la fase de análisis.

Confirmar la formación del personal de funcionamiento del edificio para que pueda operar con eficiencia todos los equipos o sistemas del edificio sustancialmente alterados.

Desarrollar un programa de seguimiento y verificación para todos los proyectos implantados como parte del proceso de recepción del edificio existente. Tener en cuenta factores como eficacia, costes y beneficios financieros y beneficios observados o estimados para el medio ambiente y la salud y el confort de las personas.

Actualizar el plan de operación y mantenimiento y los requisitos de las instalaciones existentes para incorporar las mejoras de nueva implantación

3.3.7. EA CRÉDITO 3: RECEPCIÓN CONTINUA (3 PUNTOS)

Propósito

Usar el proceso de recepción del edificio existente para mejorar la operación, la eficiencia energética y de recursos del edificio.

Requisitos

Cumplir los requisitos del Crédito EYA Recepción del Edificio Existente - Análisis y del Crédito EYA Recepción del Edificio Existente - Implantación.

Establecer un proceso de recepción continua que incluya planificar, monitorizar determinados puntos, comprobar los sistemas, verificar la eficiencia, respuestas con acciones correctoras, medición continua y documentación para afrontar proactivamente los problemas de operación en los sistemas que se están recibiendo.

Desarrollar un plan de recepción en curso que defina los siguientes elementos:

- papeles y responsabilidades;
- requisitos de medición (contadores, sistemas de medición, acceso a los datos);
- puntos de seguimiento con la frecuencia y la duración para monitorizar las tendencias;
- límites de los valores aceptables para los puntos de seguimiento y los valores medidos;
- proceso de revisión que se utilizará para evaluar la eficiencia;
- plan de acción para identificar y corregir los errores y las deficiencias de operación;
- planificación para las reparaciones necesarias para mantener la eficiencia;
- frecuencia de los análisis en el primer año (al menos trimestralmente); y
- ciclo de análisis subsiguiente (al menos cada 24 meses).

3.3.8. EA CRÉDITO 4: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA (1-20 PUNTOS)

Propósito

Reducir los daños económicos y ambientales asociados con un consumo excesivo de energía al conseguir mayores niveles de eficiencia energética en la operación.

Requisitos

Demostrar un incremento de la eficiencia energética o una mejora en la eficiencia más allá de la requerida en el Prerrequisito EYA Mínima Eficiencia Energética como se describe más abajo. Cada edificio debe proporcionar datos energéticos medidos reales. Se requieren datos de energía medidos continuamente durante 12 meses.

Caso 1. Clasificación ENERGY STAR (3 - 20 puntos)

Para edificios elegibles para recibir una clasificación energética usando la herramienta de Gestión de Carteras ENERGY STAR de EPA, se conceden puntos para puntuaciones de ENERGY STAR por encima de 75. Para proyectos fuera de U.S., consultar la Norma 90.1-2010 de ANSI/ ASHRAE7IESNA, Apéndices B y D, para determinar la zona climática apropiada.

Tabla 13. Puntaje por clasificación Energy Star

Clasificación EPA Energy Star	Puntos
76	3
77	4
78	5
79	6
80	7
81	8
82	9
83	10
84	11
85	12
86	13
87	14
88	15
89	16
90	17
91	18
93	19
95	20

Caso 2. Proyectos no Elegibles para la Clasificación ENERGY STAR

Los proyectos no elegibles para utilizar el sistema de clasificación de EPA pueden comparar su eficiencia energética con la de edificios comparables, usando medias nacionales o edificios reales o con la eficiencia previa del edificio.

Opción 1. Comparación con Edificios Tipo (1 - 20 puntos)

Vía 1. Datos medios nacionales disponibles (1 - 20 puntos)

Demostrar que la eficiencia energética es al menos 26% mejor que la eficiencia media para un edificio tipo o un edificio parecido con datos de energía medios nacionales proporcionados en la herramienta de Gestión de Carteras.

Tabla 14. Puntaje en base a media nacional

Porcentaje por debajo de la media nacional	Puntos
26	1
27	2
28	3
29	4
30	5
31	6
32	7
33	8
34	9
35	10
36	11
37	12
38	13
39	14
40	15
41	16
42	17
43	18
44	19
45	20

Vía 2. Datos medios nacionales no disponibles (2 - 14 puntos)

Si no hay datos energéticos medios nacionales disponibles para edificios de un tipo similar, compararlo con los datos de energía de al menos tres edificios similares, normalizados en función de clima, uso del edificio y ocupación.

Opción 2. Comparación con Datos Históricos

Si no hay datos energéticos medios nacionales disponibles para edificios de un tipo similar, comparar los datos energéticos del edificio de los últimos 12 meses con los datos de tres años contiguos entre los últimos cinco años, normalizados por clima, uso del edificio y ocupación. Usar la siguiente tabla para definir el puntaje.

Tabla 15. Puntaje en base a porcentaje de mejora

Porcentaje de mejora	Puntos
27	2
30	4
33	6
36	8
39	10
42	12
45	14

Opción 3. Comparación con Edificios Similares y Datos Históricos

Seguir los requisitos de la Opción 1, Vía 2 y de la Opción 2 para comparar con los datos energéticos de tres edificios similares y con los datos históricos del edificio.

3.3.9. EA CRÉDITO 5: MEDICIÓN AVANZADA DE ENERGÍA (2 PUNTOS)

Propósito

Apoyar la gestión energética e identificar las oportunidades de ahorros de energía adicionales haciendo un seguimiento del consumo de energía a nivel del edificio y de los sistemas.

Requisitos

Instalar un contador de energía avanzado para lo siguiente:

- todas las fuentes de energía utilizadas por el edificio; y
- cualquier uso final individual de energía que represente el 10% o más del consumo total anual del edificio.

La medición avanzada de energía debe tener las siguientes características:

- Los contadores deben estar permanentemente instalados, registrados a intervalos de una hora o menos, y deben transmitir datos a distancia.
- Los contadores de electricidad deben registrar tanto el consumo como la demanda. Los contadores de electricidad de todo el edificio deben registrar el factor de potencia, si es conveniente.
- El sistema de recogida de datos debe utilizar una red de área local, un sistema automático del edificio, una red inalámbrica o una infraestructura de comunicación comparable.
- El sistema debe ser capaz de almacenar todos los datos del contador durante al menos 36 meses.
- Los datos deben estar accesibles a distancia.

- Todos los contadores del sistema deben ser capaces de informar del consumo de energía por hora, día, mes y año.

Programar el sistema de gestión energética de la instalación para disparar una alarma cuando el consumo de energía y la demanda punta sobrepasen más de un 5% la cantidad anticipada. El consumo y la demanda punta anticipados deben ser determinados analizando los datos históricos de eficiencia de la instalación y las condiciones de clima y operación y se deben establecer al menos mensualmente pero preferiblemente diariamente.

Las mediciones de demanda se deben tomar a intervalos de tiempo no mayores que los intervalos usados para las facturas de la compañía energética o bien cada hora, lo que sea menor.

Al menos cada mes, informar de la demanda punta y del consumo total y compararlo con los datos del mes previo y del mismo mes del año anterior.

3.3.10. EA CRÉDITO 6: RESPUESTA A LA DEMANDA (1-3 PUNTOS)

Propósito

Incrementar la participación en tecnologías y programas de respuesta a la demanda que hagan la generación de energía y los sistemas de distribución más eficientes, incrementen la fiabilidad de la red y reduzcan las emisiones de gases con efecto invernadero.

Requisitos

Evaluar los sistemas y los equipos del edificio para su participación en programas de respuesta a la demanda. La generación de electricidad in situ no cumple el propósito de este crédito.

Caso 1. Programa de Respuesta a la Demanda Disponible (3 puntos)

Participar en un programa existente de Respuesta a la Demanda (RD) y completar las siguientes actividades.

- Disponer de un sistema con la capacidad para una RD completamente automatizada en tiempo real basada en la iniciación externa por un Suministrador de Programas RD. Se puede utilizar en la práctica un programa RD semiautomático.
- Involucrarse en un compromiso contractual mínimo de un año de participación en un programa RD con un suministrador de programas RD cualificado, con el propósito de una renovación plurianual, para al menos el 10% de la demanda punta de electricidad estimada. La demanda punta se determina con las facturas de la compañía eléctrica.
- Desarrollar un plan exhaustivo para cumplir el compromiso contractual durante la fase de Respuesta a la Demanda.
- Incluir el proceso de RD en los requisitos de las instalaciones existentes y el plan de operación y mantenimiento.

- Iniciar al menos un ensayo completo del plan RD.

Caso 2. Programa de Respuesta a la Demanda No Disponible (1 punto)

- Disponer de infraestructuras para beneficiarse de programas futuros de respuesta a la demanda o programas dinámicos de fijación de tarifas en tiempo real y completar las siguientes actividades. Desarrollar un plan exhaustivo para recortar al menos el 10% de la demanda punta anual de electricidad. La demanda punta se determina con las facturas de la compañía eléctrica.
- Incluir el proceso RD en os requisitos de las instalaciones existentes y el plan de operación y mantenimiento.
- Iniciar al menos un ensayo completo del plan RD
- Contactar con los representantes de las empresas de servicios energéticos locales para discutir la participación en futuros programas RD.

Caso 3. Desplazamiento Permanente de Cargas (2 puntos)

Implantar medidas de desplazamiento de cargas eléctricas con los siguientes requisitos:

- Durante el período de eficiencia disponer de un sistema que transfiera permanentemente la demanda de electricidad de las horas punta a horas valle tal como se definen por el proveedor de electricidad local.
- Demostrar que la instalación está reduciendo con éxito la demanda punta un 10% durante el período de eficiencia de la forma siguiente:
    - Identificando todas las medidas de desplazamiento de carga y su desplazamiento de carga eléctrica punta pretendido
    - Verificando una reducción de carga eléctrica punta correspondiente a cada medida
    - Verificando un incremento de la carga eléctrica valle correspondiente para cada medida
- Incluir las medidas de desplazamiento de carga en los Requisitos de Instalaciones Existentes y el Plan de Operación y Mantenimiento.

3.3.11. EA CRÉDITO 7: ENERGÍA RENOVABLE Y COMPENSACIONES DE CARBONO (1-5 PUNTO)

Propósito

Fomentar la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero a través del uso de tecnologías de energía renovable locales y a través de la red y proyectos de mitigación de carbono.

Requisitos

Demostrar una o las dos condiciones siguientes para al menos una parte del consumo total de energía del edificio:

- El consumo total de energía se cumple directamente con sistemas de energía renovable.
- Se dispone de un contrato mínimo de dos años, con el compromiso de renovarlo continuamente, para comprar recursos renovables que se entregarán al menos anualmente. Estos recursos deben estar disponibles online desde Enero de 2005.

Cubrir al menos parte del consumo de energía total del edificio directamente con sistemas de energía renovable o firmar un contrato para comprar energía verde, compensaciones de carbono o Certificados de Energía Renovable (CERs).

La Energía Verde y los CERs deben ser certificados Green-e o un equivalente. Los CERs se pueden usar solo para mitigar los efectos del Alcance 2, uso de electricidad.

Las compensaciones de carbono se pueden usar para mitigar las emisiones del Alcance 1 o el Alcance 2 en equivalentes de toneladas métricas o dióxido de carbono y deben estar certificadas Green-e o un equivalente.

Para proyectos fuera de U.S. las compensaciones de carbono deben proceder de proyectos de reducción de emisiones de gases efecto invernadero en U.S.

Utilizar la siguiente ecuación para calcular el crédito, hasta un límite de 5 puntos:

$$Puntos = \frac{\%\ de\ energía\ renovable\ generado}{1.5\%} + \frac{\%\ energía\ comprada/compensada}{25\%}$$

3.3.12. EA CRÉDITO 8: GESTIÓN Y MEJORA DE REFRIGERANTES

Propósito

Reducir la disminución de la capa de ozono y apoyar el cumplimiento temprano del Protocolo de Montreal mientras se minimizan las contribuciones directas al cambio climático.

Requisitos

Opción 1. Sin Refrigerantes o con Refrigerantes de Bajo Impacto (1 punto)

No utilizar refrigerantes, o utilizar solo refrigerantes (procesos naturales o sintéticos) que tengan un potencial de disminución del ozono (PDO) de cero y un potencial de calentamiento global (PCG) de menos de 50.

Opción 2. Cálculo del Impacto del Refrigerante (1 punto)

Seleccionar los refrigerantes que se utilicen en los equipos de calefacción, ventilación, aire acondicionado y refrigeración (CVAC&R) para minimizar o eliminar la emisión de compuestos que contribuyan a la disminución de la capa de ozono y al cambio climático. La combinación de todos los equipos de CVAC&R nuevos y existentes del edificio base y los equipos de los inquilinos que sirvan al edificio deben cumplir la siguiente fórmula:

Tabla 16. Definición de parámetros de fórmula de refrigerante

unidades IP PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 100	unidades SI PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 13
Definiciones de cálculo para PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 100 (unidades IP)	Definiciones de cálculo para PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 13 (unidades SI)
PDCVO = [PDOr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/ Vida PCGCV = [PCGr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/Vida	PDCVO = [PDOr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/ Vida PCGCV = [PCGr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/Vida
PDCVO: Potencial de Disminución del Ciclo de Vida del Ozono (libras CFC 11/Ton-Año)	PDCVO: Potencial de Disminución del Ciclo de Vida del Ozono (kg CFC 11/kW-Año)
PCGCV: Potencial de Calentamiento Global Directo del Ciclo de Vida	PCGCV: Potencial de Calentamiento Global Directo del Ciclo de Vida
(lbCO_2/Ton-Año)	(kg CO_2/kW-Año)
PCGr: Potencial de Calentamiento Global del Refrigerante (0 a 12.000 lb CO_2/lbr)	PCGr: Potencial de Calentamiento Global del Refrigerante (0 a 12.000 kg CO_2/kg r)
PDOr: Potencial de Disminución del Ozono del Refrigerante (0 a 0,2 lb CFC 11/lbr)	PDOr: Potencial de Disminución del Ozono del Refrigerante (0 a 0,2 kg CFC 11/kg r)
IPr: Índice de Pérdidas del Refrigerante (2,0%)	IPr: Índice de Pérdidas del Refrigerante (2,0%)
Pr: Pérdidas de Refrigerante al Fin-vida-útil(10%)	Pr: Pérdidas de Refrigerante al Fin-vida-útil (10%)
Cr: Carga del refrigerante (0,5 a 5,0 lbs de refrigerante por ton de capacidad bruta de refrigeración en el índice AHRI) Vida: Vida Útil del Equipo (10 años; por defecto en función del tipo de equipo, a no ser que se demuestre lo contrario)	Cr: Carga del refrigerante (0,065 a 0,65 kg de refrigerante por kW de capacidad de refrigeración en el índice AHRI o Certificado Eurovent) Vida: Vida Útil del Equipo (10 años; por defecto en función del tipo de equipo, a no ser que se demuestre lo contrario)

Para tipos múltiples de equipos, calcular una media ponderada de todos los equipos básicos de CVAC&R del edificio, usando la siguiente fórmula:

Tabla 17. Definición de parámetros de fórmula de refrigerante (varios equipos)

unidades IP	unidades SI
Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 100	Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 13
Definiciones de cálculo para Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 100 (unidades IP)	Definiciones de cálculo para Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 13 (unidades SI)
Qunid = Capacidad bruta de enfriamiento clasificada según AHRI de una unidad individual de CVAC o de refrigeración (Toneladas) Qtotal = Capacidad total bruta de enfriamiento clasificada por AHRI de todos los sistemas CVAC o de refrigeración	Qunid = Capacidad de enfriamiento certificada según Eurovent de una unidad individual de CVAC o de refrigeración (kW) Qtotal = Capacidad total de enfriamiento certificada por Eurovent de todos los sistemas CVAC o de refrigeración (kW)

3.4. EFICIENCIA EN EL USO DEL AGUA

El objetivo de la categoría de Uso Eficiente del Agua es fomentar un uso más inteligente del agua potable, tanto dentro como en el exterior del edificio:

- Tecnologías para la reducción del consumo.
- Instalaciones eficientes.
- Reciclado de agua.
- Control y Medición

La categoría de Eficiencia del agua otorga la posibilidad de acceder a 14 créditos para la certificación LEED, los cuales se desglosan de la siguiente manera:

Tabla 18. Puntaje disponible en Eficiencia del Agua

EFICIENCIA DEL AGUA		**14**
WEP1[14]	Uso de accesorios de mínima eficiencia en plomería	R
WEC1	Medición del rendimiento del uso de agua	2
WEC2	Uso de accesorios adicionales eficientes en plomería	5
WEC3	Uso eficiente de agua de riego	5
WEC4	Manejo de agua de torres de enfriamiento	2

[14] WE: Water Efficiency;
P: Prerrequisito;
C: Crédito;

3.4.1. WE PRERREQUISITO 1: REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR

Propósito

Reducir el consumo de agua en el interior.

Requisitos

Para los aparatos y accesorios interiores de la lista de la Tabla 19, reducir el consumo de agua hasta la línea base de LEED v4 para Edificios Existentes: Operación y Mantenimiento o por debajo de dicha línea base, calculada asumiendo que el 100% de los aparatos y accesorios interiores de fontanería del edificio cumplen los ratios de volumen y caudal mostrados en la Tabla 19.

La línea base de consumo de agua de LEED v4 para Edificios Existentes: Operación y Mantenimiento se establece dependiendo del año de ocupación del edificio, como sigue:

- Para un edificio con una cédula de habitabilidad fechada en 1995 o más tarde, la línea base es el 120% del consumo de agua que resultaría si todos los aparatos cumplieran los requisitos de códigos de la Tabla 19.
- Para un edificio con una cédula de habitabilidad fechada antes de 1995, la línea base es el 150% del consumo de agua que resultaría si todos los aparatos cumplieran los requisitos de códigos de la Tabla 19.

Tabla 19. Requisito de códigos para aparatos y accesorios

Aparato o accesorio	Línea base (Unidades IP)	Línea base (Unidades SI)
Sanitarios	1.6 gpf	6 lpf
Urinarios	1.0 gpf	3.8 lpf
Grifos de cuartos de baño de servicios públicos	0.5 gpm a 60 PSI todos los demás excepto usos privados	1.9 lpm a 415 kPa, todos los demás excepto usos privados
Grifos de cuartos de baño de servicios no públicos.	2.2 gpm a 60 PSI	8.3 lpm a 415 kPa
Grifos de cocinas (Excepto grifos usados, exclusicamente para operaciones de llenado)	2.2 gpm a 60 PSI	8.3 lpm a 415 kPa
Cabezales de ducha	2.5gpm a 80 PSI por cabina de ducha	9.5 lpm a 550 kPa por cabina de ducha

gpf = galones por pulsación lpf = litros por pulsación

gpm = galones por minuto lpm = litros por minuto

psi = libras por pulgada cuadrada kPa = kilopascales

3.4.2. WE PRERREQUISITO 2: MEDICIÓN DE AGUA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO

Propósito

Apoyar la gestión del agua e identificar oportunidades para ahorros de agua adicionales a través del seguimiento del consumo de agua.

Requisitos

Registrar los datos mensuales del contador y compilarlos; las lecturas del contador pueden ser manuales o automáticas.

Comprometerse a compartir con el USGBC los datos de consumo de agua de todo el edificio resultantes para un período de cinco años que comience en la fecha en la que el edificio acepte la certificación LEED o la ocupación habitual, lo que empiece antes.

Este compromiso se debe llevar a efecto durante cinco años o hasta que el edificio cambie de propietario o arrendatario.

3.4.3. WE CRÉDITO 1: REDUCCIÓN EL CONSUMO DE AGUA EN EL EXTERIOR (1-2 PUNTOS)

Propósito

Reducir el consumo de agua en el exterior.

Requisitos

Opción 1. No se requiere riego (2 puntos)

Mostrar que los jardines no requieren un sistema de riego permanente más allá de un período máximo de establecimiento de las plantas de dos años.

Opción 2. No hay Contador de Riego Instalado: Presupuesto de Agua Calculado (1 - 2 puntos)

Usar el jardín existente para calcular los requisitos de agua para dicho jardín usando la Herramienta de Presupuesto de Agua Responsable en Agua de EPA.

Instalar un contador de riego.

Opción 3. Contador de Riego Instalado (1 - 2 puntos)

La línea base se establece usando la media anual de al menos 3 años de datos consecutivos de los últimos 5 años.

3.4.4. WE CRÉDITO 2: REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR (1-5 PUNTOS)

Propósito

Reducir el consumo de agua en el interior.

Requisitos

Opción 1. Consumo de agua calculado (1-5 puntos)

Contar con aparatos que utilicen menos agua que la línea base calculada en el Prerrequisito EA Reducción del Consumo de Agua Interior. Se conceden puntos según la Tabla 20.

Tabla 20. Puntos por reducción del consumo de agua calculado más allá del nivel del prerrequisito

Porcentaje de reducción adicional	**Puntos (excepto centros de datos)**	**Puntos (Centros de datos)**
10%	1	1
15%	2	2
20%	3	3
25%	4	4
30%	5	

Opción 2. Consumo de agua medido (1-5 puntos)

Para proyectos con al menos el 80% de los aparatos y accesorios medidos, mostrar una reducción respecto al año de la línea base de los datos medidos.

Tabla 21. Puntos por reducción del consumo de agua medido

Porcentaje de reducción adicional	**Puntos (excepto centros de datos)**	**Puntos (Centros de datos)**
Menor a 5%	1	1
5%	2	2
10%	3	3
15%	4	4
20%	5	

3.4.5. WE CRÉDITO 3: CONSUMO DE AGUA EN LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN (3 PUNTOS)

Este tema no será abordado pues las instalaciones no cuentan con torres de enfriamiento.

3.4.6. WE CRÉDITO 4: MEDICIÓN DEL AGUA (1-2 PUNTOS)

Propósito

Apoyar la gestión del agua e identificar oportunidades de ahorros de agua adicionales haciendo un seguimiento del consumo de agua.

Requisitos

Instalar contadores de agua permanentes; 1 punto para dos subsistemas de agua, 2 puntos para cuatro o más subsistemas:

- Riego. Medir los sistemas de agua que sirven al menos al 80% de la superficie ajardinada regada. Calcular el porcentaje de superficie ajardinada regada servida por el contador como el área total de jardines regados con contador dividida por el área ajardinada regada total. Las superficies ajardinadas completamente cubiertas por xerijardineria o vegetación autóctona que no requiere un riego periódico se pueden excluir del cálculo.
- Aparatos y accesorios interiores de fontanería. Medir los sistemas de agua que sirven al menos al 80% de los aparatos y accesorios interiores descritos en el Prerrequisito EA Reducción del Consumo de Agua Interior, bien directamente o bien deduciendo todos los demás consumos de agua medidos del consumo de agua total medido en el edificio y su parcela.
- Torres de Refrigeración. Medir el consumo de agua de reposición de todas las torres de refrigeración que sirven a la instalación.
- Agua Caliente Doméstica. Medir el consumo de agua de al menos el 80% de la capacidad de calentamiento del agua caliente doméstica instalada (incluyendo calentadores con depósitos y a demanda).
- Agua recuperada. Medir el agua recuperada, independientemente de su proporción. También se debe medir un sistema de agua recuperada con conexión de agua suplementaria para poder determinar el componente real de agua recuperada.
- Agua de otros procesos. Medir al menos el 80% del consumo de agua diario esperado para los usos finales de los procesos, tales como sistemas de humidificación, lavavajillas, lavadoras y piscinas.

3.5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.5.1. CRÉDITOS EN ENERGÍA Y ATMÓSFERA

3.5.1.1. PRERREQUISITO 1: MEJORES PRÁCTICAS DE GESTIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA.

Para poder cumplir el prerrequisito 1 en la categoría de Energía y Atmósfera es necesario realizar una auditoría energética ASHRAE Nivel 1 (Ver sección 3.3.1).

La auditoría ASHRAE nivel 1 es comúnmente conocida como "auditoría simple" y es el paso inicial para crear un plan de optimización de la energía. Dicha auditoría incluye breves entrevistas con el personal operativo del edificio, un resumen de las facturas e información del edificio y visitas "walk-through" en el edificio. La auditoría ASHRAE nivel 1 se concentra en la identificación del potencial de mejora en el uso de la energía a través del entendimiento de la configuración del edificio y la definición del tipo y naturaleza de los sistemas de energía de la edificación.

La auditoría de nivel 1 de ASHRAE comprende medidas de conservación de energía de bajo o ningún costo. También incluye un reporte de cómo se pueden reducir los costos energéticos mediante la conservación, y recomienda el uso de estrategias más costosas para lograr ahorros a largo plazo.

La recopilación de información correspondiente a la auditoría de nivel 1 ASHRAE se encuentra detallada en el ANEXO 1.

3.5.1.2. PRERREQUISITO 2: MÍNIMA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El primer paso indicado por la guía LEED V4 para edificaciones existentes, consiste en la calibración de los contadores de energía eléctrica, sin embargo, la Universidad don Bosco queda exento de realizar este proceso puesto que el contador de energía es propiedad de un tercero (compañía eléctrica).

Posteriormente, la guía indica que debe verificarse si la edificación en estudio es elegible para ingresar a la clasificación Energy Star. En el caso específico del campus de maestrías de la universidad Don Bosco se ha determinado que no es elegible para la categoría Energy Star, pues falla con el primer criterio de selección ya que actualmente las únicas entidades educativas elegibles para este tipo de clasificación son las que se encuentra catalogadas en el tipo K-12, el cual se refiere a edificios y campus utilizados como recintos educativos desde el Kindergarten hasta bachillerato y no se contemplan universidades.

Al no ser elegible como proyecto Energy Star la guía LEED ofrece dos posibles caminos: el primero consiste en comparar los datos de consumo de la edificación en estudio con datos de una media nacional de edificaciones de usos similares, sin embargo, esto tampoco es posible de realizar ya que en El Salvador no existe un banco de datos de información sobre el consumo de universidades o escuelas de posgrados y tratar de conseguir información de este

tipo de cualquier institución será una tarea imposible debido a que dicha información es catalogada como confidencial.

Finalmente la guía LEED ofrece la opción que deberá ser utilizada en este proceso. Si el proyecto no es elegible como edificación Energy Star y no existe un banco de datos de historial de consumo de instituciones similares en el país, entonces debe procederse a utilizar la Vía 2 opción 2: Comparación con Datos Históricos. Si no hay datos medios nacionales de fuentes de energía disponibles, comparar los datos de energía del edificio en los 12 meses previos con los datos de tres años contiguos de los cinco años previos, normalizados por clima, uso del edificio y ocupación. Demostrar una mejora del 25%. Esto se supera con lo verificado en el ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

3.5.1.3. PRERREQUISITO 3: MEDICIÓN DE ENERGÍA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO

Para cumplir con este prerrequisito se busca que todos los sistemas mecánicos, eléctricos y térmicos del edificio están siendo medidos y serán medidos por un plazo de por lo menos cinco años, en los cuales los propietarios de la edificación en cuestión deberán compartir con la USGBC los datos proporcionados por estos medidores. La universidad Don Bosco se encuentra en cumplimiento de este prerrequisito pues ya cuenta con medidores de todos los sistemas previamente mencionados con los que cuenta, es decir, medidores de energía eléctrica y medidores de consumo de agua. Por lo tanto, para cumplir con dicho prerrequisito basta con la universidad tome en compromiso de compartir la información obtenida por estos medidores con la USGBC por cinco años a partir de la fecha en la que la certificación LEED es aceptada, como mínimo deben tabularse los datos de forma mensual.

3.5.1.4. PRERREQUISITIO 4: GESTIÓN BÁSICA DE REFRIGERANTES

Actualmente la UDB utiliza equipos de aire acondicionado con una vida útil ya bastante larga, motivo por el cual dichos equipos son cargados con refrigerante R22. El R22 era hasta hace poco el gas refrigerante más utilizado en el sector del aire acondicionado, tanto para instalaciones de tipo industrial como domésticas, aunque está prohibido su distribución por ser altamente perjudicial para la capa de ozono. Actualmente ha sido sustituido por el R407C o más modernamente por el R410A. Los sustitutos del R22 cumplen ciertas características:

- No dañan la capa de ozono
- Tienen bajo efecto invernadero
- No son tóxicos ni inflamables
- Son estables en condiciones normales de presión y temperatura
- Son eficientes energéticamente

La guía LEED ofrece dos soluciones para obtener este prerrequisito, la primera opción consiste en eliminar del campus todos los equipos que utilicen refrigerantes de

clorofluorocarbono (CFC), en este caso son todos los equipos a excepción del equipo invertir mini Split de colecturía el cual ya utiliza R410A.

La segunda opción propuesta, consiste en demostrar que la sustitución de dichos equipos no es económicamente viable, y esto se determina verificando si la relación entre el coste de inversión por la sustitución de los equipos y el ahorro energético producido por dichos equipos tiene una amortización simple mayor a 10 años. De ser así, la guía indica que debe establecerse un mecanismo para evitar que las pérdidas anuales de refrigerante sean menores al 5%.

Sin embargo, como se demostrará más adelante, mediante la simulación energética podrá determinarse que el ahorro producido por la sustitución de equipos genera ahorros económicos suficientes para justificar y recuperar la inversión en un período simple menor a 10 años.

3.5.1.5. CRÉDITO 1: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE – ANÁLISIS

El objetivo de del crédito número uno consiste en evaluar la eficiencia actual del edificio y determinar las oportunidades de mejora en el uso de la energía. La guía LEED indica dos posibles opciones a seguir: La primera consiste en diseñar un plan de identificación y priorización de oportunidades de mejora las cuales se obtienen mediante observaciones, establecimiento de un comité y sugerencias del propietario. Este es el camino más fácil de seguir, sin embargo, es también el menos preciso, pues no existe una forma de demostrar cuantitativamente cuales son las oportunidades de mejora que tienen un mayor impacto y un mejor retorno económico.

La opción, qué es la cual se ha seleccionado para el presente estudio consiste en desarrollar una auditoría energía ASHRAE nivel 2. La auditoría de nivel 2 de ASHRAE ofrece un análisis más detallado de los usos de la energía e incluye proyecciones financieras. Identifica todo el espectro de las medidas de conservación energética e incluye una comparación de los ahorros en costos de la implementación y de los costos operativos. El plan de auditoría requerido por la guía LEED puede encontrarse en el ANEXO 2. PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2. El desarrollo y resultados de dicha auditoría se muestran en el ANEXO 3. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2.

3.5.1.6. CRÉDITO 2: RECEPCIÓN DEL EDIFICIO EXISTENTE – IMPLANTACIÓN

El crédito número dos solicita realizar un análisis del edificio con el objetivo de mejorar las operaciones, mantenimiento y la eficiencia energética del edificio. Los requisitos pueden cumplirse de la siguiente manera:

- Implantar mejoras operativas sin coste o a bajo coste y desarrollar un plan a cinco años para sustitución de equipos y grandes modificaciones o mejoras en función de la fase de análisis.
  Ver las MRCE 2, 4, 6 y 7 del ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

- Confirmar la formación del personal de funcionamiento del edificio para que pueda operar con eficiencia todos los equipos o sistemas del edificio sustancialmente alterados.
  Ver la sección 4 del PLAN DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS DEL CAMPUS
- Desarrollar un programa de seguimiento y verificación para todos los proyectos implantados como parte del proceso de recepción del edificio existente. Tener en cuenta factores como eficacia, costes y beneficios financieros y beneficios observados o estimados para el medio ambiente y la salud y el confort de las personas.
  Ver ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.
- Actualizar el plan de operación y mantenimiento y los requisitos de las instalaciones existentes para incorporar las mejoras de nueva implantación.
  Ver la sección 4. PLAN DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS DEL CAMPUS del ANEXO 1.

3.5.1.7. CRÉDITO 3: RECEPCIÓN CONTINUA

Mediante este crédito se busca implementar un sistema de monitoreo del consumo de los diferentes sistemas energéticos en el edificio. En el caso de la Universidad don Bosco se cuenta con un único medidor de energía eléctrica, por tanto el objetivo es asignar a un pequeño grupo de personas para que puedan monitorizar de forma continua los consumos mensuales de energía.

La guía LEED solicita que se haga un análisis de la tendencia de consumo por lo menos trimestralmente para poder establecer una curva de consumo medida y aplicar las medidas necesarias para buscar mejoras en el uso de la energía.

Una vez implementadas las diversas medidas de eficiencia energética y conservación de la energía la gráfica de tendencia de consumo comenzará a tener otras características las cuáles deben documentarse y presentarse de forma constante a las autoridades competentes de la USGBC. Las nuevas prácticas de mantenimiento también contribuirán a que el consumo energético de las instalaciones sea menor. Este será un proceso de evaluación continua, pero si la Universidad don Bosco toma el compromiso real de monitorear el consumo energético, implanta medidas de eficiencia y conservación de la energía y demuestra la reducción en el uso de la energía entonces podrá optar sin ningún problema a los tres puntos que otorga este crédito.

3.5.1.8. CRÉDITO 4: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El objetivo de este crédito consiste en demostrar ahorros energéticos obtenidos a lo largo de un año mediante la implementación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía. Para lograr demostrar la disminución en el uso de la energía la guía LEED ofrece dos

caminos: Edificios que tengan la capacidad de optar a la categoría Energy Star (solo en Estados Unidos) y edificios que no sean elegibles para Energy Star.

En el caso específico de estudio, la universidad no posee capacidad de optar a la categoría Energy Star, por tanto se sigue el Caso #2. Para edificios que no son elegibles para ser Energy Star, LEED ofrece nuevamente dos opciones: 1) Comparación con Edificios tipo y 2) Comparación con datos históricos.

En el caso de El Salvador, es prácticamente imposible poder optar a la opción número uno, puesto que no existe una base de datos del consumo energético de las instituciones educativas, más bien, ningún tipo de institución suele compartir sus datos de consumo pues a todos los niveles lo consideran como información confidencial; esta situación ofrece desventaja en este crédito, pues para esta opción se ofrece un máximo de 20 puntos, mientras que para la opción que debió utilizarse solo se ofrece un máximo de 14 puntos.

La opción que aplicable al caso de estudio, según la guía LEED, es por tanto la opción 2 del caso 2, la cual corresponde a comparación con datos históricos. Específicamente y mediante la información brindada por el personal de la universidad, se logró realizar una media del consumo de dos años y esta información sirvió para calibrar el modelo base de la simulación energética, la cual, a su vez, permitió demostrar una posible mejora en el consumo energético de 45% sobre la facturación actual, lo cual, podría otorgar el máximo de puntos ofrecidos en la opción de LEED utilizada, es decir 14 puntos.

Ver ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

3.5.1.9. CRÉDITO 5: MEDICIÓN AVANZADA DE ENERGÍA

Como seguimiento al crédito #3, la guía LEED solicita la instalación de medidores avanzados de energía, dichos medidores deben ser capaces de al menos registrar el consumo energético y demanda de las instalaciones de forma horaria, diaria, mensual y anual; además deben ser capaces de almacenar los datos medidos por lo menos durante 36 meses, finalmente, deben tener la capacidad de transmitir los datos a distancia (red inalámbrica de internet o similar).

En el caso específico de la Universidad don Bosco en la cual existen tres consumos principales de energía: Aire acondicionado, iluminación y equipos de cómputo se recomienda la instalación de tres de estos medidores, uno para contabilizar el consumo individual de cada sistema, sin embargo, debido a que es una instalación ya existente y el costo físico de dividir la alimentación para cada sistema, un contador global podría también ser una solución para obtener los puntos otorgados por este crédito.

Se recomienda la instalación de uno o varios medidores Web Enabled Meter (http://www.energytracking.com/wem.htm), los cuales pueden instalarse de forma relativamente sencilla a cualquier caja de fusibles o circuitos de alimentación. Dichos medidores cuentan con las características mínimas solicitadas por la guía LEED, es decir, son

capaces de registrar al menos el consumo energético y demanda de las instalaciones de forma horaria, diaria, mensual y anual.

Una vez que hayan implementado algunas medidas de eficiencia energética o conservación de la energía, será posible normalizar la curva de consumo energético de la institución y se podrá programar el sistema de gestión energética de la instalación para disparar una alarma cuando el consumo de energía y la demanda punta sobrepasen más de un 5% la cantidad anticipada. El consumo y la demanda punta anticipados deben ser determinados analizando los datos históricos de eficiencia de la instalación y las condiciones de clima y operación y se deben establecer al menos mensualmente pero preferiblemente diariamente.

Las mediciones de demanda se deben tomar a intervalos de tiempo no mayores que los intervalos usados para las facturas de la compañía energética o bien cada hora, lo que sea menor. Al menos cada mes, informar de la demanda punta y del consumo total y compararlo con los datos del mes previo y del mismo mes del año anterior.

Una vez se hayan instalado los medidores, se haya normalizado la curva de consumo y se haya establecido el sistema de alarmas cuando se sobrepase el 5% del consumo y la demanda pico, entonces la universidad don Bosco estará en la capacidad de optar por los dos puntos que otorga este crédito.

3.5.1.10. CRÉDITO 6: RESPUESTA A LA DEMANDA

Este crédito LEED otorga un máximo de tres puntos para localidades donde existan programas de respuesta a la demanda por parte de las compañías distribuidoras de energía eléctrica, sin embargo, éste no es el caso de El Salvador. En el caso de que no exista un programa de respuesta a la demanda sólo puede optarse a un punto en este crédito. Antes de hacer una breve introducción a como la Universidad don Bosco podrá optar al punto otorgado en este crédito es necesario desarrollar una corta explicación sobre el término "Respuesta a la demanda".

La respuesta de la demanda significa cambiar el uso de energía para reducir el consumo de energía en respuesta a períodos de demanda inusualmente alta. Puede incluir el control automatizado de equipos participando en un programa o plan de tarifa de la empresa de servicios públicos para cambiar el uso de energía más alto a un período de baja demanda o fuera de las horas de punta[15], como por la noche, generalmente después de las 6 p.m. los días de semana.

En los días calurosos del verano, hay horarios en que la red eléctrica se fuerza al máximo de su capacidad, y toda la demanda adicional genera riesgos de apagones generalizados. Durante estos horarios, cuando existe un programa de respuesta a la demanda, el operador de la red

[15] En el caso de El Salvador, comúnmente el período punta se dan en horas tempranas de la tarde debido a la incidencia de los equipos de aire acondiconado.

expide una alerta en la que pide a los residentes y empresas que reduzcan inmediatamente su consumo de energía.

Las empresas de servicios públicos ofrecen programas de respuesta de la demanda, que usualmente ofrecen una tarifa de electricidad más baja a cambio de la respuesta de la demanda obligatoria en momentos cruciales. Las empresas de servicios públicos y otras pueden ayudar a automatizar tu respuesta de la demanda. El uso de smart meters permite ahorrar dinero y energía fácilmente ayudando a monitorear tu uso de energía.

En el caso específico de la Universidad don Bosco, como ya se mencionó, El Salvador no cuenta con un sistema de respuesta a la demanda, por tanto, se deberá optar por cumplir el caso 2: Respuesta a la demanda no disponible.

La Universidad don Bosco será capaz de beneficiarse de posibles programas futuros de respuesta a la demanda con la instalación de medidores inteligentes del consumo energético (como los mencionados en el crédito #5). Para lograr puntaje en este crédito, además se busca la disminución de la demanda pico anual de electricidad al menos en un 10%, en la Ilustración 1 se muestra una guía de reducción de la demanda pico según los casos simulados en eQuest, lo cual permite demostrar que es posible reducir la demanda pico en un porcentaje mayor al 10%. El gráfico de barras muestra la potencia pico máxima anual para cada caso, mientras que la gráfica de tendencia muestra el porcentaje de ahorro en demanda pico respecto al caso base, estimado mediante la simulación energética.

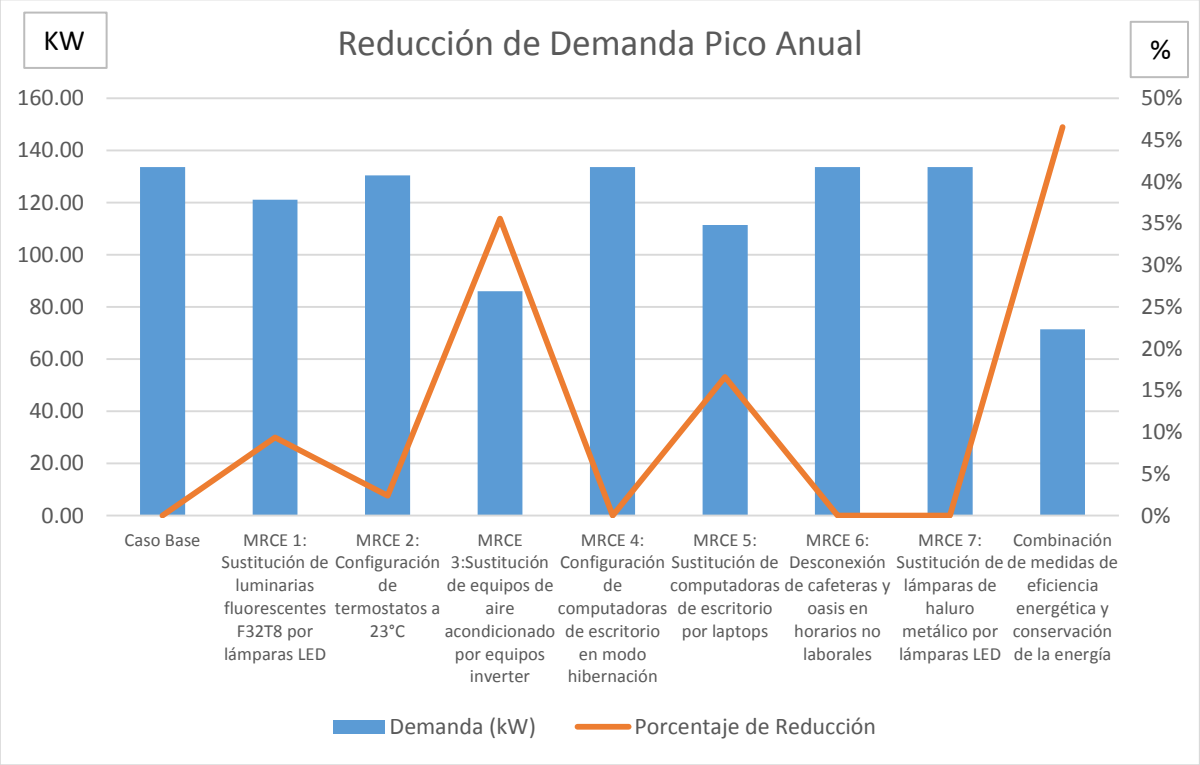


Ilustración 1. Porcentaje de reducción de demanda pico anual de casos simulados respecto al caso base

Finalmente, será necesario desarrollar las siguientes acciones:

- Incluir el proceso Respuesta a la Demanda (RD) en los requisitos de las instalaciones existentes y el plan de operación y mantenimiento.
- Iniciar al menos un ensayo completo del plan RD.
- Contactar con los representantes de las empresas de servicios energéticos locales para discutir la participación en futuros programas RD.

3.5.1.11. CRÉDITO 7: ENERGÍA RENOVABLE Y COMPENSACIONES DE CARBONO

Para demostrar los posibles puntos a obtener en esta categoría se realizó un estudio de capacidad fotovoltaica basada en la máxima capacidad posible de instalar en el área de techos, sin embargo, como se muestra al final, debido a que la regulación nacional no se encuentra lista para recibir a pequeños generadores se recomienda instalar únicamente la capacidad necesaria para cubrir el porcentaje mínimo para lograr los 5 puntos que otorga la categoría LEED.

Como primer paso, en base a una inspección de la orientación de techos se procedió a seleccionar aquellos que poseen una orientación más favorable y menor incidencia de sombras. En principio, para nuestra ubicación geográfica, la orientación óptima para estos sistemas es hacia el sur (azimut = 180°) con inclinación de 14°. Por lo que para esta primera selección se escogieron aquellos techos cuya orientación se asemeja más a la configuración mencionada.

Ilustración 2. Selección de techos para la configuración fotovoltaica

Es importante mencionar que la selección de techos se basa en aquellos cuya orientación disminuya los costos de instalación y brinde la mayor producción en un sistema alineado sobre su plano. La selección puede ser ampliada en base a un estudio especializado pero deberá considerarse si es viable invertir en estructura que oriente los paneles de forma más favorable, en los techos con aguas norte, este y oeste. Además se ha optado por aquellas superficies con menor sombreamiento, considerando mayormente obstáculos ubicados al sur, este y oeste de las áreas, basándose en la trayectoria de la incidencia solar a lo largo del año. Un análisis especializado en el diseño del sistema fotovoltaico habrá de incluir un análisis de sombreamiento de refine la selección de áreas viables.

La Tabla 22 presenta las áreas de cada techo identificado y la capacidad instalable basándose en un módulo de 315 kWp con dimensiones de 1m de ancho por 2m de largo, proporciones comúnmente encontradas en el mercado. Adicionalmente se ha considerado un factor de utilización del área de 0.7 que consideraría pasillos entre arreglos de módulos y demás área no efectiva.

Tabla 22. Capacidad instalable según área

Techo	**Azimut °**	**Inclinación °**	**Área (m2)**	**Módulos**	**kWp**
1	202	6	275	96	30.24
2	176	6	175	62	19.53
3	176	6	117	40	12.6
4	176	6	55	20	6.3
Total			**622**	**218**	**68.67**

Estimación de la Producción energética:

Habiendo definido la capacidad instalable sobre las áreas seleccionadas, se procede a determinar la producción energética de la misma. Para ello se utiliza el software PVWatts, elaborado por el departamento de energía de los Estados Unidos, el cual posee datos climáticos de todo el mundo para calcular la producción de este tipo de sistemas. Para nuestro país las dos bases climáticas existentes son Acajutla e Ilopango, por su cercanía al sitio, se selecciona la base de Ilopango. Haciendo el cálculo para cada orientación, se obtienen los resultados de la Tabla 23.

Tabla 23. Producción Energética del Sistema Fotovoltaico

Mes	**Ahorro en energía kWh**		
	Azimut 202	**Azimut 176**	**Total**
Enero	4,052	5,188	9,240
Febrero	3,931	5,034	8,966
Marzo	4,506	5,726	10,232
Abril	4,294	5,457	9,751
Mayo	3,840	4,881	8,721
Junio	3,387	4,304	7,691
Julio	3,901	4,957	8,858
Agosto	3,871	4,919	8,790
Septiembre	3,387	4,304	7,691
Octubre	3,447	4,381	7,828
Noviembre	3,689	4,727	8,416
Diciembre	3,750	4,804	8,554
Total	**46,056**	**58,683**	**104,738**

La producción energética anual del sistema, considerando la degradación lineal del módulo a lo largo de los años hasta un 80% según las garantías de los fabricantes se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24. Producción Energética Esperada a 20 años

Año	**kWh**
1	104,738
2	103,636
3	102,533
4	101,431
5	100,328
6	99,226
7	98,123
8	97,021
9	95,918
10	94,816
11	93,713
12	92,611
13	91,508
14	90,406
15	89,303
16	88,201
17	87,098
18	85,996
19	84,893
20	83,791

Estimación del costo del sistema

Basado en el mercado actual, el costo unitario de un sistema fotovoltaico montado sobre techo rondará entre $1,300 y $1,500 por kWp incluyendo costos de instalación y los equipos necesarios para la operatividad del sistema. Es importante considerar que cualquier obra de reforzamiento de estructura de techos o adicional que requiera la edificación sumará al costo preliminar aquí establecido, una cotización definitiva requiere del diseño final con el dimensionamiento de cada uno de los componentes y de la inspección detallada de las áreas a utilizar. Para los cálculos aquí presentados se asume un costo por kWp de $1500.

Tabla 25. Costo del sistema FV

Techo	**kWp**	**Costo**
1	30.24	$45,360
2	19.53	$29,295
3	12.6	$18,900
4	6.3	$9,450
Total	**68.67**	**$103,005**

Es necesario mencionar que debido a que la tabulación de datos que muestra la compañía distribuidora no posee datos horarios, por tanto no es posible conocer cuál es la cantidad de energía que se consume durante el día y cual durante la noche, puesto que será necesario armonizar la producción con la demanda que el edificio tenga en cada momento. Si se busca mantener los paneles operando el 100% del tiempo entonces será necesario buscar un arreglo con la distribuidora para poder inyectar el excedente de energía a la red durante determinados momentos del día.

De acuerdo a la forma de cálculo estipulada en la guía LEED v4, al cubrir el 8% de la energía generada mediante el uso de fuentes renovales permitirá obtener el puntaje máximo (5 puntos), por tanto, se recomienda la instalación de un sistema fotovoltaico de las dimensiones suficientes para cubrir el 8% de la demanda, para esto se recomienda instalar paneles fotovoltaicos en el área denominada área #3 (Ver Ilustración 2.), con los cuales se pretende obtener los resultados mostrados en los párrafos siguientes.

Tabla 26. Producción Energética del Sistema Fotovoltaico en Área 3

	Ahorro en energía kWh		
Mes	**Azimut 202**	**Azimut 176**	**Total**
Enero	0	1,701	1,701
Febrero	0	1,651	1,651
Marzo	0	1,877	1,877
Abril	0	1,789	1,789
Mayo	0	1,600	1,600
Junio	0	1,411	1,411
Julio	0	1,625	1,625
Agosto	0	1,613	1,613
Septiembre	0	1,411	1,411
Octubre	0	1,436	1,436
Noviembre	0	1,550	1,550
Diciembre	0	1,575	1,575
Total	**0**	**19,240**	**19,240**

Tabla 27. Costo del sistema FV en Área 3

Techo	kWp	Costo
1	0	$0
2	0	$0
3	12.6	$18,900
4	0	$0
Total	**12.6**	**$18,900**

3.5.1.12. CRÉDITO 8: GESTIÓN MEJORADA DE REFRIGERANTES

El último crédito de esta categoría otorga como máximo un punto y tiene como objetivo reducir el impacto ecológico y los efectos de gas invernadero provocado por el uso de refrigerantes altamente contaminantes.

La guía LEED ofrece dos caminos, en este caso se procederá a abordar la opción 2, la cual se denomina "Cálculo del impacto del refrigerante" y consiste en cumplir con el siguiente criterio:

$$PCGDV + PDCVOx10^5 \leq 100 \text{ (Ver Tabla 28)}$$

La opción 1 fue descartada puesto que implicaba el uso de refrigerantes del tipo Hidrocarbono, los cuales en realidad poseen un Potencial de Discusión de la capa de Ozono PDO = 0 y un Potencial de Calentamiento Global PCG = 0, pero actualmente no son comercialmente utilizados, por tanto resultaría sumamente complicado poder importar un equipo de acondicionamiento de aire que utilizara este tipo de refrigerantes. Por lo tanto, para el cálculo solicitado por la guía LEED, y con el objetivo de cumplir con el requerimiento y lograr el punto otorgado, los cálculos se realizan utilizando los datos del refrigerante R-410A, el cual es el gas refrigerante utilizado por los equipos de aire acondicionado tipo inverter recomendados para la sustitución de los actuales.

Tabla 28. Definición de parámetros de fórmula de refrigerante

unidades IP PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 100	unidades SI PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 13
Definiciones de cálculo para PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 100 (unidades IP)	Definiciones de cálculo para PCGCV + PDCVO x $10^5 \leq$ 13 (unidades SI)
PDCVO = [PDOr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/ Vida PCGCV = [PCGr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/Vida	PDCVO = [PDOr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/ Vida PCGCV = [PCGr x (IPr x Vida + Pr) x Cr]/Vida
PDCVO: Potencial de Disminución del Ciclo de Vida del Ozono (libras CFC 11/Ton-Año)	PDCVO: Potencial de Disminución del Ciclo de Vida del Ozono (kg CFC 11/kW-Año)
PCGCV: Potencial de Calentamiento Global Directo del Ciclo de Vida	PCGCV: Potencial de Calentamiento Global Directo del Ciclo de Vida
(lbCO_2//Ton-Año)	(kg CO_2//kW-Año)
PCGr: Potencial de Calentamiento Global del Refrigerante (0 a 12.000 lb CO_2//lbr)	PCGr: Potencial de Calentamiento Global del Refrigerante (0 a 12.000 kg CO_2/kg r)
PDOr: Potencial de Disminución del Ozono del Refrigerante (0 a 0,2 lb CFC 11/lbr)	PDOr: Potencial de Disminución del Ozono del Refrigerante (0 a 0,2 kg CFC 11/kg r)
IPr: Índice de Pérdidas del Refrigerante (2,0%)	IPr: Índice de Pérdidas del Refrigerante (2,0%)
Pr: Pérdidas de Refrigerante al Fin-vida-útil(10%)	Pr: Pérdidas de Refrigerante al Fin-vida-útil (10%)
Cr: Carga del refrigerante (0,5 a 5,0 lbs de refrigerante por ton de capacidad bruta de refrigeración en el índice AHRI) Vida: Vida Útil del Equipo (10 años; por defecto en función del tipo de equipo, a no ser que se demuestre lo contrario)	Cr: Carga del refrigerante (0,065 a 0,65 kg de refrigerante por kW de capacidad de refrigeración en el índice AHRI o Certificado Eurovent) Vida: Vida Útil del Equipo (10 años; por defecto en función del tipo de equipo, a no ser que se demuestre lo contrario)

unidades IP Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 100	unidades SI Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 13
Definiciones de cálculo para Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 100 (unidades IP)	Definiciones de cálculo para Σ (PCGCV + PDCVO x 10^5) x Qunid / Qtotal $\leq$ 13 (unidades SI)
Qunid = Capacidad bruta de enfriamiento clasificada según AHRI de una unidad individual de CVAC o de refrigeración (Toneladas) Qtotal = Capacidad total bruta de enfriamiento clasificada por AHRI de todos los sistemas CVAC o de refrigeración	Qunid = Capacidad de enfriamiento certificada según Eurovent de una unidad individual de CVAC o de refrigeración (kW) Qtotal = Capacidad total de enfriamiento certificada por Eurovent de todos los sistemas CVAC o de refrigeración (kW)

El resultado de los cálculos y los datos utilizados se muestra a continuación:

Tabla 29. Cálculo de Impacto de Refrigerante

Tipo de refrigerante	R-410a	R-410a	R-410a	R-410a
Tipo de Equipo	Split-system	Split-system	Split-system	Split-system
Capacidad, toneladas (Qunid)	0.8	1.5	3.0	5.0

Carga de refrigerante, lb	1.52	1.69	4.40	7.93
Cantidad de unidades idénticas	1	3	16	7
Perdida de refrigerante, lb/ton (Cr)	1.43	1.13	1.47	1.59
Tasa de perdida de refrigerante, %/año (iPr)	2.0%	2.0%	2.0%	2.0%
Vida útil del equipo (Vida)	15	15	15	15
Pérdidas de refrigerante al fin de la vida util, % de carga (Pr)	10.0%	10.0%	10.0%	10.0%
Potencial de Calentamiento Global del Refrigerante (PCGr)	1890	1890	1890	1890
Potencial de Disminución del Ozono del Refrigerante (ODPr)	0.00	0.00	0.00	0.00
$PCGCV = \frac{[PGCr\ x\ (IPr\ x\ Vida + Pr) x\ Cr]}{Vida}$	71.9	56.8	73.9	79.9
$PDCVO = \frac{[PDOr\ x\ (IPr\ x\ Vida + Pr) x\ Cr]}{Vida}$	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
$PCGCV + PDCVO\ x\ 10^5$	71.9	56.8	73.9	79.9
$(PCGCV + PDCVO\ x\ 10^5)Qunid$	54	256	3548	2798
$\frac{\sum((PCGCV + PDCVO\ x\ 10^5)Qunid)}{Qtotal} \leq 100$			**75.41**	
Crédito			Si	

3.5.2. CRÉDITOS EN EFICIENCIA EN EL USO DE AGUA

3.5.2.1. PRERREQUISITO 1: REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR

El objetivo del primer prerrequisito en esta categoría consiste en reducir el consumo del agua en el interior de la edificación, para esto, se requiere que el consumo de los aparatos y accesorios interiores se reduzca por debajo de la línea base de consumo de agua para LEED v4, los consumos para dicha línea base se muestran en la Tabla 19.

En el caso del edificio del campus, el cual fue construido o parcialmente remodelado después del año 1995, la línea base debe tomarse como el 120% del consumo de agua que resultaría si todos los aparatos cumpliera con los requisitos de la Tabla 19.

En el campus en estudio, el mayor consumo de agua se ha identificado en los sanitarios y en interior de todo el campus existen equipos y accesorios de eficiencia convencional. Cada cuarto de baños cuenta con sanitarios, lavamanos, y urinarios, el resto del consumo interior es para uso de cocina en el área del cafetín.

Tabla 30. Requisitos LEED y línea base en aparatos y accesorios de fontanería en el interior.

Aparato o accesorio	**Línea base**	**Línea base 120%**	**Unidades**
Sanitarios	6	7.2	lpf
Urinarios	3.8	4.56	lpf
Grifos de cuartos de baño de servicios públicos	1.9	2.28	lpm
Grifos de cuartos de baño de servicios no públicos.	8.3	9.96	lpm
Grifos de cocinas (Excepto grifos usados, exclusivamente para operaciones de llenado)	8.3	9.96	lpm
Cabezales de ducha	9.5	11.4	lmp

Mediante el conteo de equipos, y los datos establecidos por LEED para la creación de la línea base (120% sobre el consumo de la recomendación LEED), se pudo determinar la siguiente distribución de consumo de agua.

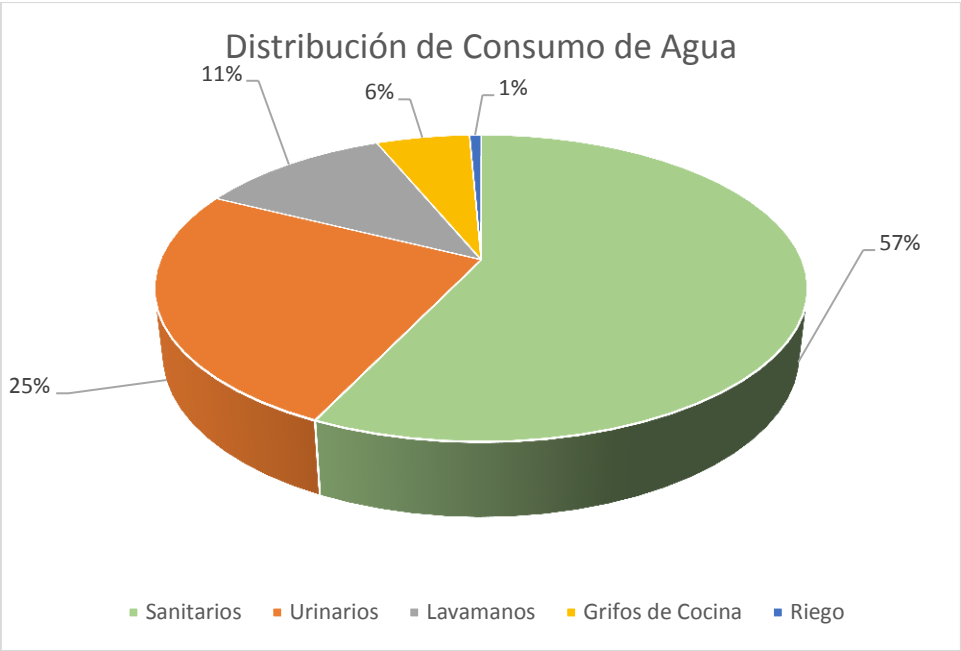


Ilustración 3. Distribución del consumo de agua

Se realizaron inspecciones para verificar que los aparatos y accesorios existentes estuvieran funcionando adecuadamente, y la evaluación de la sustitución de los equipos actuales por equipos existentes se realizó en el apartado CRÉDITO 2: REDUCCÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR.

3.5.2.2. PRERREQUISITO 2: MEDICIÓN DE AGUA A NIVEL DE TODO EL EDIFICIO

Actualmente, la Universidad don Bosco se encuentra en total capacidad de cumplir con este segundo prerrequisito, puesto que se cuenta con un medidor de consumo de agua potable en el edificio. Únicamente es necesario que la Universidad tome el compromiso de compartir lo datos recopilados de forma mensual con el USGBC por un período de cinco años que comiencen en la fecha en la que el edificio acepte la certificación LEED.

3.5.2.3. CRÉDITO 1: REDUCCÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL EXTERIOR

En el campus de maestrías de la Universidad don Bosco existe un área verde sujeta a riego período bastante reducida, durante las visitas realizas al campus, pudo constatarse, mediante consultas al personal de mantenimiento, que las áreas de riego son únicamente la zona central donde se encuentra ubicado el busto de San Juan Bosco y unas pequeñas parcelas alrededor del área de parqueo. Se estima que el área total de riego es de 144 m². Si bien existe un área verde bastante importante en la zona sur este del edificio actual, esta zona no es regada y se tiene planeado la construcción de una ampliación del campus para los próximos años sobre dicha zona. A partir de estas afirmaciones puede demostrarse que la universidad no requiere instalar un sistema de riego automatizado y mucho menos instalar un contador de agua de riego, pues dichas inversiones no podría justificarse.

Se recomienda continuar con las prácticas actuales de realizar los riegos después de las 6 de la tarde para evitar que la evaporación de agua producida por el sol no afecte la cantidad de agua necesaria a utilizar, también se recomienda que el riego no sea mayor a 15 minutos[16].

3.5.2.4. CRÉDITO 2: REDUCCÓN DEL CONSUMO DE AGUA EN EL INTERIOR

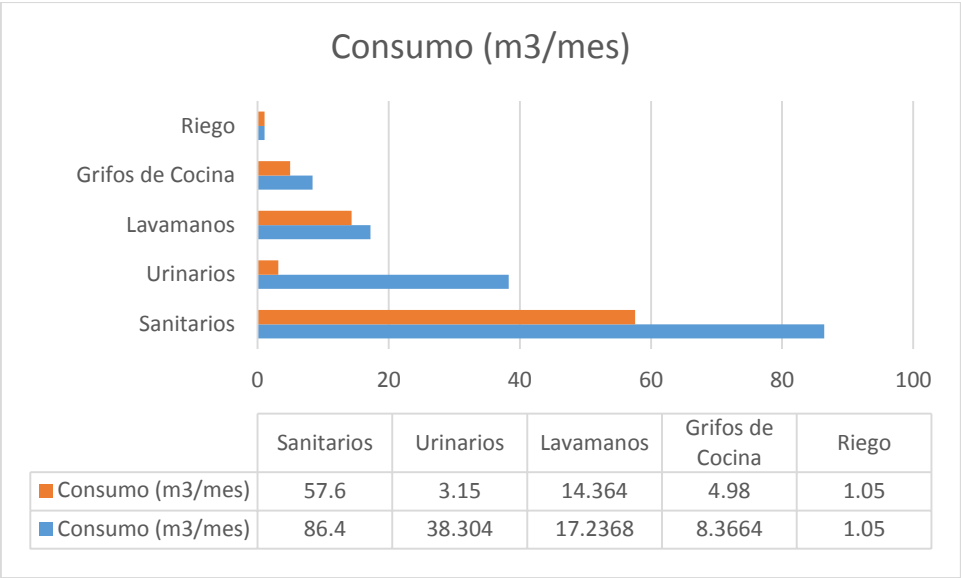
El objetivo del crédito 2 es el de reducir el consumo de agua en el interior. La guía LEED V4 ofrece dos caminos: consumo de agua calculado y consumo de agua medido. Para este análisis se utilizó la opción 1 (consumo de agua calculado), puesto que para poder usar la opción 2, la guía LEED requiere que se haga una medición individual por tipo de consumo, lo cual no es posible realizarlo en la universidad ya que solo se cuenta con un medidor de agua que abarca todos los subsistemas.

La guía LEED indica que para realizar el cálculo del consumo debe utilizarse los datos generados en el prerrequisito 1, es decir, el consumo de línea base al 120% sobre los datos de equipos con mínima eficiencia y luego compararlo con el consumo que se tendría con equipos de mínima o alta eficiencia. Para el presente caso, basados en el conteo realizado y en los datos de placa de los equipos se pudo establecer la distribución de consumo mostrada en la Ilustración 3 y en la Tabla 31.

Tabla 31. Consumo estimado de caso base al 120% de equipos de minina eficiencia vs equipos de alta eficiencia

	Consumo (m3/mes)	
	Caso Base	**Equipos de alta Eficiencia**
Sanitarios	86.4	57.6
Urinarios	38.304	3.15
Lavamanos	17.2368	14.364
Grifos de Cocina	8.3664	4.98
Riego	1.05	1.05
Total	**151.3572**	**81.144**
%Ahorro	**46.39%**	

[16] Recomendaciones tomadas del Manual de Buenas Prácticas de Riego del Fondo Mundial para la Naturaleza (WWF por sus siglas en inglés).



	Sanitarios	Urinarios	Lavamanos	Grifos de Cocina	Riego
Consumo (m3/mes)	57.6	3.15	14.364	4.98	1.05
Consumo (m3/mes)	86.4	38.304	17.2368	8.3664	1.05

Ilustración 4. Consumo estimado de caso base al 120% de equipos de minina eficiencia vs equipos de alta eficiencia

A continuación de muestran los equipos que se acoplan más a mantener o disminuir en consumo en comparación a la línea base de consumo de agua de LEED v4 para Edificios Existentes.

Inodoros de alta eficiencia Cadet Pro (American Standard)

- Máxima calificación en desecho de residuos MaP: 1,000 gramos con consumo de agua ultra-bajo,
- Exclusiva tecnología PowerWash Rim que limpia completamente la taza en cada descarga y acción sifónica que garantiza el desalojo total de desechos.
- El esmalte EverClean incorpora un acabado brillante permanente que inhibe el crecimiento de hongos y bacterias causantes del mal olor en la superficie, haciendo que el inodoro permanezca más limpio por más tiempo.
- Grado Ecológico: 4.8 litros por descarga (1.3 gpf o 4.8 lpf).
- 10 años de garantía.
- Disponibles en altura ergonómica (RH) o normal.
- Taza elongada o redonda.
- Certificación “WAterSense” grado ecológico.

Ilustración 5. Inodoros de alta eficiencia y etiquetas a identificar

<u>Urinarios Sloan 8186-0.125</u>

- Instalación externa.
- Uso para urinario.
- Instalación en pared.
- Con sensor.
- Utiliza batería.
- Una sola descarga.
- Consumo 0.125 gpf / 0.5 Lpf.
- Certificación "WAterSense".

Ilustración 6. Urinarios de alta eficiencia y etiquetas a identificar

<u>Accesorios para grifos de lavamanos y cocina</u>

- Válvulas de cierre temporizado
  - Conexión de entrada: 1/2" pulgada.

- Presión de operación: 5 - 80 m.c.a. o de 7.5 a 118 psi.
- Ciclo de tiempo ajustable: 5 - 30 seg.
- Consumo 0.47 gpm o 1.8 lpm en versión ECO para máximo puntaje LEED.
- Diseño anti-vandálico, protege el mecanismo interno y evita que se desenrosque el pulsador.
- Aireador Anti-calcáreo.
- Fabricado en bronce DZR bajo norma ISO 6509. Garantiza resistencia a la corrosión por agua.
- Cromado de más de 10 micras de espesor de cromo níquel.
- Con base en la información entregada por el distribuidor CASSINELLI, se ha evaluado que el producto Válvulas de cierre temporizado para lavamanos puede contribuir para el crédito WE. C.3 “Water Use Reduction de la certificación LEED v3”
- Certificación “WAterSense”.

- Aireadores.

  Los aireadores son elementos dispersores que mezclan aire con agua apoyándose en la presión, (efecto Venturi), reduciendo de este modo el consumo de agua y, por consiguiente, también la energía necesaria para bombear dicha agua.

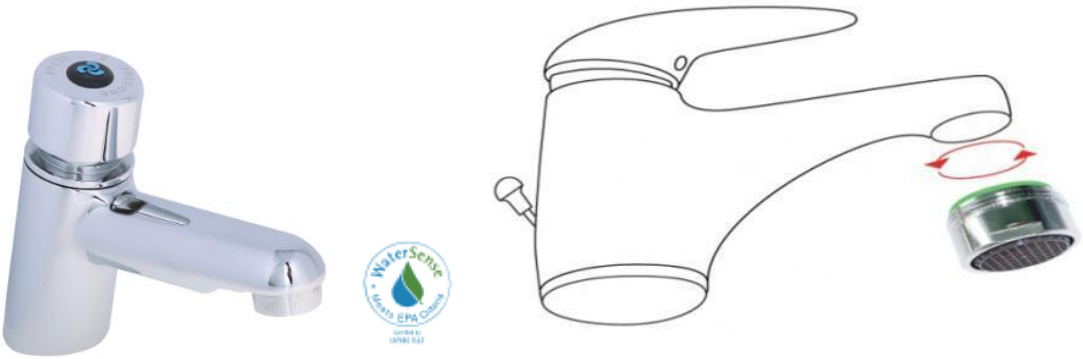


Ilustración 7. Accesorios de alta eficiencia

Basados en lo mostrado en la Tabla 32, se concluye que instalando los equipos de alta eficiencia recomendados puede obtenerse un total de 5 puntos.

Tabla 32. Puntaje en base al porcentaje de reducción de consumo de agua en el interior

Porcentaje de reducción adicional	Puntos
10%	1
15%	2
20%	3
25%	4
30%	5

3.5.2.5. CRÉDITO 3: CONSUMO DE AGUA EN LAS TORRES DE REFRIGERACIÓN

En el campus no se cuentan con torres de refrigeración, por lo tanto el crédito 3 no aplica para el actual estudio.

3.5.2.6. CRÉDITO 4: MEDICIÓN DEL AGUA

Debido a que la universidad don Bosco actualmente cuenta únicamente con un subsistemas de uso de agua que es "Aparatos y accesorios interiores de fontanería", la guía LEED exige únicamente la instalación de un punto de medición. El medidor actualmente instalado por la compañía distribuidora de agua potable es aceptado. Por tanto la UDB se encuentra en total capacidad de cumplir con este requisito, bastará que se comience a realizar una revisión y tabulación de datos semanalmente y que se adquiera el compromiso de compartirlos con la USGBC.

3.5.3. CRÉDITOS EN OTRAS CATEGORÍAS

Con el objetivo de promover la continuidad del presente estudio, se realizó una inspección superficial del resto de créditos de las otras categorías de LEED-EB que no fueron consideradas en el presente estudio. Se determinó que existen algunos puntos extra que pueden conseguirse de forma sencilla siguiendo los patrones actuales y las recomendaciones de las categorías analizadas, con esto se demuestra, que el puntaje obtenido en las 2 categorías analizadas en el presente estudio, puede mejorarse si el análisis se repite para el resto de categorías.

3.5.3.1. LOCALIZACIÓN Y TRANSPORTE – CRÉDITO 1: TRANSPORTE ALTERNATIVO (1 PUNTO)

Llevar a cabo una encuesta a los ocupantes del edificio sobre sus modelos de transporte. Deben ser encuestados los ocupantes habituales del edificio. Los visitantes deben ser encuestados si la punta típica o la media diaria es mayor que el número de ocupantes habituales del edificio. Realizar una encuesta sobre transporte al menos una vez cada cinco años

3.5.3.2. RECURSOS Y MATERIALES – CRÉDITO 2: COMPRA – BOMBILLAS (1 PUNTO)

Establecer y mantener un programa de reducción de fuentes de materiales tóxicos para reducir la cantidad de mercurio introducido en el edificio a través de la compra de bombillas. Este crédito podría lograrse de forma simultánea llevando a cabo la sustitución de lámparas T8 por lámparas LED sin mercurio.

3.5.3.3. CALIDAD DE AIRE INTERIOR – CRÉDITO 10: ENCUESTA SOBRE EL CONFORT DE LOS OCUPANTES (1 PUNTO)

Realizar al menos una encuesta de confort de los ocupantes para recoger respuestas anónimas en relación con al menos los siguientes temas:

- acústica;
- limpieza del edificio;
- calidad del aire interior;
- iluminación; y
- confort térmico.

Las respuestas se deben recoger a partir de una muestra representativa de ocupantes del edificio de al menos el 30% de los ocupantes totales.

Documentar los resultados de la encuesta. Desarrollar e implantar un plan de acción correctora para afrontar los temas de confort si los resultados indican que hay más de un 20% de ocupantes insatisfechos.

Realizar al menos una encuesta e implantar las acciones correctoras. Como mínimo, realizar una nueva encuesta al menos una vez cada dos años.

3.5.3.4. PRIORIDAD REGIONAL – EA CRÉDITO 4: OPTIMIZACIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

El sistema de certificación LEED v4 pretende incentivar la aplicación de créditos que tengan prioridad regional. Estos créditos se han identificado por los consejos y capítulos regionales del USGBC como créditos que tienen una importancia regional adicional para la región del edificio. Existe una base de datos de créditos de Prioridad Regional y su aplicación geográfica disponible en la página web del USGBC, http://www.usgbc.org. Se concede un punto por cada crédito de Prioridad Regional conseguido, hasta un máximo de cuatro.

En el caso de El Salvador, los siguientes créditos son considerados como Prioridad Regional:

- Energía y Atmosfera: Optimización de la eficiencia energética.
- Calidad de aire interior: Programa de gestión de calidad de aire interior.
- Calidad de aire interior: Estrategias avanzadas para la calidad de aire interior.
- Calidad de aire interior: Confort térmico.

- Parcela sostenible: Desarrollo del sitio – Proteger o restaurar hábitat.
- Parcela sostenible: Manejo de aguas lluvias.

Puesto que el presente estudio demostró que puede optarse por el cumplimiento del crédito de Energía y Atmosfera: Optimización de la eficiencia energética, al llevar a cabo la implementación de este crédito la Universidad don Bosco estaría optando de forma automática a la consecución de 1 punto extra otorgado por la categoría de Prioridad Regional.

CAPITULO IV - ANÁLISIS FINANCIERO DEL PROYECTO

El objetivo del análisis financiero es la determinación de los beneficios o perdidas económicas que puedan obtenerse por la ejecución de determinado proyecto. El análisis se realiza mediante el uso de técnicas matemáticas financieras que para generar indicadores económicos que permitan la visualización, de formar sencilla, del resultado final de una inversión.

El análisis financiero se realizó tomando en cuenta tres posibles escenarios. Esto con el objetivo de que la Universidad don Bosco tenga un panorama claro de las inversiones que necesitará realizar y a la vez proyecte posibles contingencias al momento de implementar los diferentes sub proyectos que se engloban en el proyecto de certificación LEED.

Los escenarios analizados, con sus consideraciones son los siguientes:

- Escenario Pesimista: Se tomó en cuenta el costo comercial (costo unitario) de todos los equipos que requieren inversión, además se incluyó un costo adicional de 20% para equipos que requieren instalación física y 30% para los equipos que requieren importación.
- Escenario Intermedio: El escenario intermedió se analizó incluyendo costos por mayoreo para todos los equipos que requieren inversión, además se incluyó un costo adicional de 20% para equipos que requieren instalación física y 30% para los equipos que requieren importación.
- Escenario Optimista: Se utilizaron precios por mayoreo para los equipos que requieren inversión y no se incluyeron costos de instalación y/o importación, asumiendo que los equipos pueden ser instalados por personal de la universidad y que al hacer una búsqueda más intensiva se encontrarán la totalidad de equipos a utilizar en el país.

Las siguientes asunciones fueron utilizadas en todos los escenarios:

- Para luminarias, equipos de cómputo y equipos de aire acondicionado se utilizó un período de análisis de 10 años.
- El análisis de paneles fotovoltaicos se consideró a un período de 20 años.
- Para equipos de eficiencia en el uso de agua se consideró un período de análisis de 10 años.
- Para los análisis de totales se consideró el período de 10 años.

- La tasa de interés utilizada para todos los sub proyectos es del 12%.

Es importante recalcar, que algunos proyectos de inversión de forma individual tienen indicadores económicos (TIR, VAN y PRS) que podrían no ser tan llamativos a los ojos de un inversionista, sin embargo, al considerar todos los sub proyectos como un proyecto unificado, los indicadores previamente mencionados, se vuelven sumamente atractivos.

Todas las tablas y análisis presentados a lo largo de todo el documento corresponden a a los resultados del análisis financiero intermedio, sin embargo, a continuación, se muestra el resumen de los tres escenarios analizados.

Para el escenario financiero pesimista, en la Tabla 33, puede observarse que con una inversión total de US$146,606 se obtiene una Tasa Interna de Retorno de 11%, un Valor Actual Neto de -US$ 5,165 y Período de Recuperación Simple de 5.88 años.

Para el escenario financiero intermedio, en la Tabla 34, puede observarse que con una inversión total de US$116,408 se obtiene una Tasa Interna de Retorno de 17%, un Valor Actual Neto de US$21,797 y Período de Recuperación Simple de 4.67 años.

Para el escenario financiero optimista, en la Tabla 35, puede observarse que con una inversión total de US$80,171 se obtiene una Tasa Interna de Retorno de 29%, un Valor Actual Neto de US$54,151 y Período de Recuperación Simple de 3.22 años.

Si bien, el análisis financiero pesimista podía indicar que el proyecto de certificación LEED no es financiable, es necesario recalcar que dicho análisis sobredimensiona la posibles contingencias asociadas a la inversión. Aunque los costos reales de inversión no se conocerán hasta el momento de la implementación, se estima que los costos reales se ubicarán entre el escenario optimista e intermedio.

Tabla 33. Análisis Financiero Pesimista

Análisis Pesimista	Inversión (US$)	Ahorro Anual (US$)	TIR	VAN	PRS (Años)
Energía y Atmosfera					
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	-US$11,599.20	US$4,262.40	35%	US$11,146.71	2.72
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	US$0.00	US$1,732.80	-	US$5,577.10	0.00
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	-US$52,810.00	US$7,016.00	6%	-US$11,757.17	7.53
MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	US$0.00	US$204.00	-	US$656.58	0.00
MRCE 5: Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	-US$44,399.26	US$5,846.40	5%	-US$10,148.03	7.59
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	US$0.00	US$35.20	-	US$177.58	0.00
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	-US$2,762.18	US$907.00	31%	US$2,109.44	3.05
Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía	-US$111,570.64	US$20,003.80	12%	US$1,299.37	5.58
Eficiencia en el Uso del Agua					
Equipos y accesorios eficientes	-US$9,220.00	US$1,841.02	15%	US$1,055.51	5.01
Instalación FV					
Instalación FV Área 3	-US$18,900.00	US$3,078.40	15%	US$3,655.30	6.14
Costos asociados a LEED					
Total	-US$6,916.00				
Total	**-US$146,606.64**	**US$24,923.22**	**11%**	**-US$5,165.08**	**5.88**

Tabla 34. Análisis Financiero Intermedio

Análisis Intermedio	Inversión (US$)	Ahorro Anual (US$)	TIR	VAN	PRS
Energía y Atmosfera					
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	-US$8,699.40	US$4,262.40	48%	US$13,735.81	2.04
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	US$0.00	US$1,732.80	-	US$5,577.10	0.00
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	-US$39,607.50	US$7,016.00	12%	US$30.77	5.65
MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	US$0.00	US$204.00	-	US$656.58	0.00
MRCE 5: Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	-US$33,299.45	US$5,846.40	12%	-US$237.48	5.70
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	US$0.00	US$35.20	-	US$177.58	0.00
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	-US$2,071.64	US$907.00	43%	US$2,726.00	2.28
Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía	-US$83,677.98	US$20,003.80	20%	US$26,203.53	4.18
Eficiencia en el Uso del Agua					
Equipos y accesorios eficientes	-US$6,915.00	US$1,841.02	23%	US$3,113.55	3.76
Instalación FV					
Instalación FV Área 3	-US$18,900.00	US$3,078.40	15%	US$3,655.30	6.14
Costos asociados a LEED					
Total	-US$6,916.00				
Total	**-US$116,408.98**	**US$24,923.22**	**17%**	**US$21,797.12**	**4.67**

Tabla 35. Análisis Financiero Optimista

Análisis Optimista	Inversión (US$)	Ahorro Anual (US$)	TIR	VAN	PRS
Energía y Atmosfera					
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	-US$5,219.64	US$4,262.40	81%	US$16,842.74	1.22
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	US$0.00	US$1,732.80	-	US$5,577.10	0.00
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	-US$23,764.50	US$7,016.00	27%	US$14,176.31	3.39
MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	US$0.00	US$204.00	-	US$656.58	0.00
MRCE 5: Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	-US$19,979.67	US$5,846.40	26%	US$11,655.18	3.42
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	US$0.00	US$35.20	-	US$177.58	0.00
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	-US$1,242.98	US$907.00	73%	US$3,465.87	1.37
Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía	-US$50,206.79	US$20,003.80	38%	US$56,088.52	2.51
Eficiencia en el Uso del Agua					
Equipos y accesorios eficientes	-US$4,149.00	US$1,841.02	43%	US$5,583.19	2.25
Instalación FV					
Instalación FV Área 3	-US$18,900.00	US$3,078.40	15%	US$3,655.30	6.14
Costos asociados a LEED					
Total	-US$6,916.00				
Total	**-US$80,171.79**	**US$24,923.22**	**29%**	**US$54,151.75**	**3.22**

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos, demuestran la viabilidad de implementación de las medidas de eficiencia energética, conservación de la energía y eficiencia en el uso del agua para el campus de postgrados de la Universidad don Bosco en Antiguo Cuscatlán. La implementación de las medidas ofrece fuertes beneficios económicos, una reducción significativa del impacto ambiental de la instalación, y contribuirá a fortalecer la funcionalidad de las instalaciones y reducirá la vulnerabilidad de éstas ante fluctuaciones en los precios de la energía y agua.

Se recomienda la implementación de las diversas Medidas de Reducción del Consumo Energético (MRCE) según el orden que se presenta en el plan de implementación de la Tabla 58. En conjunto, los ahorros constituyen una reducción del 44.72 % en la factura eléctrica del edificio, lo que se traduce en un ahorro de $ 20,003 anuales.

Se recomienda la implementación de todas las medidas como un conjunto, puesto que fue evidente que existen medidas que generan importantes ahorros energéticos, pero debido al alto costo de sustitución de equipos (tal como la sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter), los indicadores económicos individuales no son tan atractivos, sin embargo, al hacer una implementación de todas las medidas de eficiencia energética en conjunto, los indicadores económicos si son atractivos.

Los resultados económicos del análisis financiero en el escenario intermedio, demuestra que el proyecto es sumamente viable, con una inversión de US$ 116,408, incluyendo todas las medidas de eficiencia energética, eficiencia en el uso del agua, instalación fotovoltaica y costos administrativos de la certificación, se obtiene una Tasa Interna de Retorno del 17%, un Valor Actual Neto de $21,797 y período de retorno de 4.67 años.

Es necesario mencionar que los indicadores económicos podrían mejorar si se toman en cuenta algunas condiciones que se han obviado en el presente estudio, por ejemplo, entre los años 2013 y 2014 la Universidad don Bosco reflejó un aumento en consumo energético del 8%, este incremento puede deberse a factores como el incremento en el uso de la instalaciones debido a la oferta de nuevas carreras y al crecimiento de la demanda de estudiantes, sin embargo, también alguna parte de este porcentaje debe atribuirse al deterioro de piezas mecánicas de los equipos de aire acondicionado, lo cual se traduce en una menor eficiencia y por ende en un mayor consumo energético, también al incremento del uso de computadoras ineficientes.

Por los mencionado en el párrafo anterior, se estima que los ahorros energéticos no serán lineales a lo largo de los años analizados, más bien tendrán una tendencia creciente lo cual incrementará la brecha entre el consumo de un hipotético caso base (si no se implementa ninguna medida en el edificio) y un edificio que si cumpla con los estándares de eficiencia energética mínimos para acreditaciones LEED. Por tanto en el presente estudio se presenta el peor escenario posible en término de indicadores energéticos.

En las medidas que conllevan instalación de equipos y luminarias se ha considerado un costo extra de 20% sobre el total de la inversión, dicho costo puede ser evitado si personal interno de la institución se encarga de la instalación.

A lo largo del estudio se ha evidenciado que en algunos aspectos la legislación salvadoreña debe continuar mejorando para poder incentivar a las diversas instituciones a buscar certificaciones de edificaciones verdes y el uso de energías renovables.

El uso de los criterios LEED son un gran referente para efectuar un diagnóstico certero y concluyente del estado actual de edificios existentes, como es el caso del campus de Postgrados de la Universidad don Bosco, pudiendo tener una visión clara y amplia de la sencillez en la aplicación de estas medidas, aun cuando no sea la certificación el objetivo final del análisis.

Las propuestas presentadas en esta investigación demuestran que es factible realizar cambios que generen un ahorro económico, sin generar con ello una intervención mayor en la estructura y distribución del edificio.

Además de los beneficios económicos previamente mencionados, mediante la obtención de una certificación LEED, la Universidad don Bosco afirmaría el compromiso del uso eficiente de los recursos naturales y a la larga sería identificada como una institución pionera en el rubro de la sustentabilidad ambiental.

La certificación LEED permitirá a la Universidad don Bosco la posibilidad de aumentar su reputación a nivel regional al identificarse como una Universidad comprometida con la sostenibilidad y sustentabilidad del Medio Ambiente, título que de momento no lo posee ningún centro educativo en El Salvador.

La Universidad don Bosco ofrece la Maestría en Gestión de Energías Renovables, la cual está íntimamente ligada al uso sustentable de la energía, por lo cual, una certificación LEED podría generar un plus comercial al momento de brindar esta opción académica superior.

ANEXOS

ANEXO 1. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 1.

1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

El campus de postgrados de la universidad Don Bosco se encuentra ubicado en el municipio de Antiguo Cuscatlán, departamento de La Libertad, en El Salvador. El campus de postgrados es utilizado para impartir cátedras a estudiantes de postgrados de diversas maestrías las cuales la Universidad ofrece, adicionalmente el campus es utilizado como escuela de idiomas. El campus se divide en aulas, área administrativa, aulas, cafetería, biblioteca, sala de reunión, auditorio, laboratorios de cómputo y parqueos externos.

Ilustración 8. Campus Universidad Don Bosco, Antiguo Cuscatlán

El campus universitario opera prácticamente de forma continua durante todo el año, debido a que los horarios de las maestrías, capacitaciones y clases de idiomas suelen extenderse durante toda la semana laboral y existe un uso reducido durante los fines de semana. Los horarios de ocupación proporcionados por el personal operativo de mantenimiento se detallan en la Tabla 36.

Tabla 36. Horarios de ocupación estimados

Zona	Lunes a viernes	Sábado	Domingo
Administración	8:00 a.m. a 6:00 p.m.	8:00 a.m. a 12:00 p.m.	Cerrado
Aulas	7:00 a.m. a 10:00 p.m.	7:00 a.m. a 6:00 p.m.	Según demanda
Laboratorios	7:00 a.m. a 10:00 p.m.	7:00 a.m. a 6:00 p.m.	Según demanda
Cafetería	8:00 a.m. a 6:00 p.m.	8:00 a.m. a 12:00 p.m.	Cerrado
Biblioteca	8:00 a.m. a 6:00 p.m.	8:00 a.m. a 12:00 p.m.	Cerrado

Las paredes de la instalación, son de bloque de concreto, con acabado y pintura exterior colores blanco y amarillo en sus fachadas, en el interior el color de las paredes es blanco. El techo es duralita color gris en algunas zonas y no posee aislamiento entre el cielo falso y el

techo. El piso es de concreto y ladrillos cerámicos, las ventanas existentes son del tipo persiana horizontal y se encuentran distribuidas en las diferentes fachadas del edificio.

Ilustración 9. Paredes exteriores y techos

1.1. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

La mayor parte de luminarias de la edificación son del tipo fluorescente lineal F32T8 en arreglos de 4 lámparas por receptáculo, los receptáculos son del tipo cerrado nevado. En casi todas las zonas en las cuales existen varios grupos de luminarias se ha zonificado el uso de las mismas mediante el uso de interruptores independientes para el control de las luminarias en dos o tres zonas dependiendo del tamaño del espacio. Los baños pequeños/individuales en las zonas administrativas poseen iluminación fluorescente tipo CFL de 23W. La iluminación exterior se compone de dos tipos de luminarias distribuidas a lo largo y ancho del recinto y son del tipo haluro metálico con potencias de 175W y 250W.

Durante las visitas realizadas se utilizó un luxómetro para determinar el nivel de iluminación actual. Mediante las mediciones individuales tomadas, se procedió a obtener un promedio por tipo de zona.

Ilustración 10. Luminarias interiores F32T8

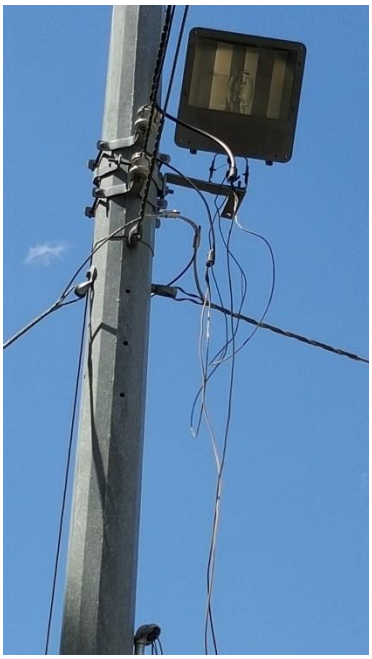


Ilustración 11. Luminarias exteriores de haluro metálico

1.2. SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL

El sistema de climatización artificial se compone de treinta equipos de aire acondicionado distribuidos en las diversas zonas de la edificación. Dichos equipos son todos del tipo mini Split y son de diversas potencias de acuerdo a la zona en la cual se utilicen. Existen zonas que poseen más de un equipo de aire acondicionado, tal es el caso del Auditorio, en el cual existen seis equipos de climatización, sin embargo, según las entrevistas realizadas al personal operativo únicamente se encienden 3 a la vez.

En las áreas destinadas a aulas los termostatos se configuran de forma personalizada según el requerimiento del catedrático y los alumnos y las temperaturas varían desde los 16 a los 23°C. Los laboratorios generalmente configuran la temperatura de los termostatos a 18°C, mientras que en la biblioteca se suele configurar a 21°C y en la cafetería a 19°C.

Se identificó que los controles remotos de los aires acondicionados no se encuentran en la zona de acondicionamiento, es decir, cuando se inicia la clase el personal de mantenimiento o seguridad del edificio procede a encender el equipo de acondicionamiento a la temperatura solicitada, luego sale de la zona llevándose el control con él, dicho control, en este tipo de sistemas (mini Split) es además el termostato, por lo tanto el equipo de acondicionamiento de aire en ausencia del mismo se comporta de forma errática pues no tiene forma de saber cuándo ha llegado a la temperatura deseada.

La gran mayoría de equipos, a excepción de los equipos encontrados en colecturía y computo son equipos antiguos, según se consultó a personal encargado dichos equipos tienen más de cinco años de antigüedad.

Tabla 37. Listado de equipos de aire acondicionado por zona

Lugar	Cantidad	Potencia Unitaria (BTU/h)	Potencia Total (BTU/h)	Temperatura de Configuración (°C)
Auditorio	6	60000	360,000	16-23
A11	1	36000	36,000	16-23
A12	1	36000	36,000	16-23
A13	1	36000	36,000	16-23
A21	1	36000	36,000	16-23
A22	1	36000	36,000	16-23
A23	1	36000	36,000	16-23
A25	1	36000	36,000	16-23
A26	1	36000	36,000	16-23
A27	1	36000	36,000	16-23
A28	1	36000	36,000	16-23
B11	1	18000	18,000	16-23
B12	1	36000	36,000	16-23
B13	1	36000	36,000	16-23
B15	1	36000	36,000	16-23
Aula docentes Idiomas	1	60000	60,000	16-23
Biblioteca	1	36000	36,000	19
Cafetería	1	36000	36,000	21
Directores de Programa	1	58000	58,000	16-23
Directores Maestrías	1	36000	36,000	16-23
LAB	1	60000	60,000	18
LAB TIC	1	60000	60,000	18
Computo	1	18000	18,000	18
Colecturía	1	9000	9,000	18
Sala Reunión	1	18000	18,000	16-23

1.3. EQUIPO DE OFICINA

Durante las visitas realizadas se realizó un levantamiento del equipo de oficina utilizado en el edificio, dentro de equipo de oficina se consideran: computadoras, impresores, fotocopiadoras, parlantes, proyectores y ventiladores.

La mayor parte de computadoras se encuentra distribuidas en los diversos laboratorios del campus, por tanto, dichos equipos son utilizados en el mismo horario de ocupación de los laboratorios. Todas las computadoras encontradas en la inspección realizada son computadoras con cierto de grado de antigüedad, y utilizan monitores CRT.

Ilustración 12. Computadoras de escritorio en laboratorios

1.4. EQUIPO DE COCINA

Como parte de los requerimientos de la auditoría ASHRAE nivel 1, también se procedió a realizar un levantamiento de los equipos de cocina, los cuales, debido a su alto nivel de consumo suelen representar cargas considerables en todos los edificios donde son utilizados, en esta categoría se contabilizaron: Cafeteras, refrigeradores, hornos, microondas, refrigeradores de bebidas y congeladores.

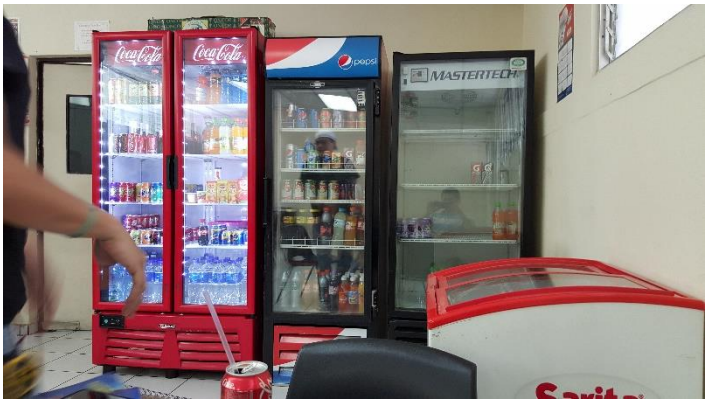


Ilustración 13. Equipo de cocina en cafetería

2. FACTURACIÓN ELÉCTRICA

La distribución de energía eléctrica para el campus de postgrados de la Universidad Don Bosco está a cargo de la compañía DELSUR. Para obtener el costo promedio de la energía ($/kWh) se ha utilizado la tarifa eléctrica oficial vigente para cada uno de los períodos en cuestión.

Tabla 38. Datos de facturación y pliego tarifario vigente

Cliente	Universidad don Bosco					
Distribuidor	DELSUR					
Tipo de Tarifa	Gran Demanda Media Tensión					
Período	Enero - Marzo 2014	Abril - Junio 2014	Julio - Octubre 2014	Enero - Marzo 2015	Abril - Junio 2015	Julio - Octubre 2015
Costo Energía Punta ($/kWh)	0.180381	0.182403	0.182001	0.161815	0.128655	0.135677
Costo Energía Resto ($/kWh)	0.179776	0.181571	0.183049	0.161977	0.127607	0.135623
Costo Energía Valle ($/kWh)	0.169717	0.178630	0.181405	0.153989	0.126822	0.129585
Costo Promedio ($/kWh)	**0.160038**					

El personal de la universidad Don Bosco proporcionó, para este estudio, las facturas de consumo energético de los años 2014 y 2015, dichas facturas fueron tabuladas para extraer los datos de consumo y costos de la energía.

Tabla 39. Consumo energético de facturas

Mes	**Consumo (kWh)**	**Costo (US$)**	**Año**
Enero	7,844.00	US$1,426	2014
Febrero	14,379.00	US$2,580	2014
Marzo	17,435.00	US$3,129	2014
Abril	16,881.00	US$3,038	2014
Mayo	19,384.00	US$3,520	2014
Junio	16,327.00	US$2,965	2014
Julio	19,123.00	US$3,477	2014
Agosto	16,784.00	US$3,067	2014
Septiembre	16,203.00	US$2,961	2014
Octubre	15,622.00	US$2,856	2014
Noviembre	14,945.00	US$2,740	2014
Diciembre	13,732.00	US$2,519	2014
Enero	7,417.00	US$1,338	2015
Febrero	15,706.00	US$2,537	2015
Marzo	18,197.00	US$2,941	2015
Abril	16,157.00	US$2,522	2015
Mayo	17,716.00	US$2,264	2015
Junio	19,275.00	US$2,463	2015
Julio	21,400.00	US$2,765	2015
Agosto	17,168.00	US$2,320	2015
Septiembre	18,888.50	US$2,552	2015
Octubre	20,609.00	US$2,786	2015

Noviembre	18,258.00	US$2,472	2015
Diciembre	15,012.00	US$2,032	2015
Consumo Promedio Mensual	**16,435.94**	**US$2,636**	
Consumo Promedio Anual	**197,231.25**	**US$31,635**	

3. OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA Y MEJORA DE LA EFICIENCIA

3.1. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL

3.1.1. CONFIGURACIÓN DE TERMOSTATOS A 23°C

Se recomienda la configuración de termostatos a 23°C, dicha recomendación representa una medida de conservación de la energía pues no requiere realizar ninguna inversión económica y generará ahorros energéticos de manera inmediata, contribuyendo a disminuir el impacto ambiental de las instalaciones. Se recomienda configurar la totalidad de los termostatos la temperatura de 23°C.

Diversos estudios demuestran que para las condiciones tropicales de nuestro clima, por cada grado menos de temperatura el consumo de energía aumenta entre un 6 y 8%.

En las áreas destinadas a aulas los termostatos se configuran de forma personalizada según el requerimiento del catedrático y los alumnos y las temperaturas varían desde los 16 a los 23°C. Los laboratorios generalmente configuran la temperatura de los termostatos a 18°C, mientras que en la biblioteca se suele configurar a 21°C y en la cafetería a 19°C.

Además, se recomienda dejar los controles remotos de los aires acondicionados adentro del aula o espacio en cuestión, pues como ya se mencionó previamente, en el sistema mini Split el termostato de regulación del equipo se encuentra ubicado en el control remoto.

3.2. EQUIPOS DE OFICINA

3.2.1. CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS EN MODO HIBERNACIÓN

La recomendación de configuración de equipos en modo hibernación representa una medida de conservación de la energía pues no requiere realizar ninguna inversión económica y genera de manera inmediata ahorros energéticos además de disminuir el impacto ambiental de las instalaciones.

Se ha determinado que la mayor parte de equipos informáticos permanecen encendidos durante toda la jornada. Según diversos estudios realizados por la Agencia Internacional de Energía, la mayor parte del consumo energético en un equipo de cómputo se da en el monitor. En el campus la mayor parte de monitores son del tipo CRT. La Agencia Internacional de Energía (IEA, por sus siglas en inglés) ha determinado que un PC de escritorio con monitor incluido al encontrarse en estado de suspensión (hibernación) consume entre 15 y 50 Watts mientras que normalmente consume entre 200 y 300 Watts.

Se recomienda utilizar las funciones de ahorro, que incluye Microsoft Windows, las cuales permiten que la computadora se apague automáticamente (hibernación), cuando se detecta que el equipo no ha sido utilizado durante un tiempo preestablecido (30 minutos recomendado), o entrar en modo de suspensión, después de un tiempo determinado (10-15 minutos recomendado).

3.3. EQUIPOS DE COCINA

3.3.1. DESONEXIÓN DE OASIS EN HORAS NO LABORALES Y FINES DE SEMANA

Se identificó que el oasis de la cocina de vicerrectoría permanece encendido aun durante horarios en los cuales ya no labora personal dentro de la institución.

Se recomienda que al finalizar la jornada laboral, se proceda al apagado de éstos equipos. Durante las visitas realizadas se pudo constatar que dicha práctica no es realizada y los equipos están en funcionamiento durante las 24 horas del día y durante los fines de semana. Por lo cual, se recomienda promover la medida para fomentar el uso eficiente de la energía.

Ilustración 14. Oasis que permanece encendido de forma permanente

3.3.2. DESONEXIÓN DE CAFETERAS EN HORAS NO LABORALES Y FINES DE SEMANA

Se identificó que la cafetera de la cocina de vicerrectoría permanece encendida aun durante horarios en los cuales ya no labora personal dentro de la institución.

Se recomienda que al finalizar la jornada laboral, se proceda al apagado de éstos equipos. Durante las visitas realizadas se pudo constatar que dicha práctica no es realizada y los equipos están en funcionamiento durante las 24 horas del día y durante los fines de semana. Por lo cual, se recomienda promover la medida para fomentar el uso eficiente de la energía.

Ilustración 15. Cafetera que permanece encendida de forma permanente

4. PLAN DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS MECÁNICOS Y ELÉCTRICOS DEL CAMPUS

En este apartado se presenta un plan de mantenimiento preventivo sobre los diversos sistemas que consumen energía en campus de postgrados de la universidad Don Bosco en Antiguo Cuscatlán. El análisis se basa en la descripción de los planes de mantenimiento proporcionadas por el personal operativo y en las observaciones realizadas durante las visitas realizadas así como en las buenas prácticas de mantenimiento para este tipo de equipos.

4.1. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN ARTIFICIAL

Los equipos de acondicionamiento de aire del campus de la universidad Don Bosco, actualmente no cuentan con un plan de mantenimiento estructurado, durante las entrevistas realizadas, el personal operativo manifestó que los únicos equipos que poseen plan de mantenimiento preventivo son los que se han adquirido recientemente, y consisten en los mantenimientos proporcionados por el vendedor del equipo durante la vigencia de la garantía, el cual suele ser de un año, sin embargo, una vez este plazo ha vencido los equipos solo reciben limpieza superficial más no se ejecuta el plan de mantenimiento adecuado. Cuando un equipo falla, estudiantes de la universidad Don Bosco son asignados para reparar el equipo dañado.

Se recomienda contratar a una empresa especializada en el mantenimiento de equipos de aire acondicionado o asignar personal estudiantil capacitado, el plan de contratación deberá tener intervalos de verificación de entre 3 y 6 meses y deberá contener por lo menos lo siguiente:

- Se des energiza el sistema y se retiran las cubiertas para proceder a la aplicación de jabón DSL.
- Limpieza de evaporadores y condensadores, dejándose reposar por 5 minutos, luego se aplica agua a presión cepillándose suavemente con cepillo de cerdas plásticas hasta retirar completamente el jabón.
- Revisión general del funcionamiento del compresor: control de presiones, niveles de aceite, temperatura, ruidos.
- Se realiza la revisión y limpieza del sistema de controles de mando eléctrico: termostato, contactores, relés, bobinas, capacitores, controles de alta y baja presión.

- Revisión de turbina y lubricación de motor ventilador.
- Revisión de baleros y chumaceras de motor y turbina.
- Revisión y ajuste de poleas y fajas de evaporadores, engrase de baleros y limpieza de la grasa remanente, revisión de carga de refrigerante, verificación de corrientes y voltaje.
- Limpieza general de difusores y filtros de aire.
- Pruebas de funcionamiento.

4.2. SISTEMAS DE ILUMINACIÓN

Para garantizar los parámetros luminotécnicos adecuados y la eficiencia energética de la instalación en el tiempo, se recomienda implementar un plan de mantenimiento, de las instalaciones de iluminación. Este plan de mantenimiento ha de contemplar por lo menos lo siguiente:

- Las operaciones de reposición de lámparas con la frecuencia de reemplazamiento.
- La limpieza de las luminarias con la metodología prevista y la limpieza de la zona iluminada, según la periodicidad necesaria.
- Los sistemas de regulación y control utilizados en las diferentes zonas

- SUPERFICIES

Las superficies que constituyen los techos, paredes, ventanas, o componentes de las estancias, como el mobiliario, deben ser mantenidos para conservar sus características de reflexión. En el momento necesario, debido al nivel de polvo o suciedad, se procederá a la limpieza de las superficies pintadas.

- LIMPIEZA DE LUMINARIAS

La pérdida más importante del nivel de iluminación la produce la suciedad acumulada en las luminarias. Es fundamental la limpieza de sus componentes ópticos como reflectores o difusores. Se procederá a su limpieza general, como mínimo, 2 veces al año.

- SUTITUCIÓN DE LÁMPARAS

El flujo luminoso de las lámparas disminuye con el tiempo de utilización y una lámpara puede seguir funcionando después de la vida útil marcada por el fabricante pero su rendimiento (Lumen/W) puede situarse por debajo de lo aconsejable y por tanto consumiendo más energía de la precisa.

Será, por tanto, necesario sustituir las lámparas al final de la vida útil indicada por el fabricante. Y habrá que tener en cuenta que cada tipo de lámpara (y en algunos casos según potencia) tiene una vida útil diferente.

ANEXO 2. PLAN DE AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2

1. MIEMBROS DEL EQUIPO DE AUDITORÍA Y SUS PAPELES Y RESPONSABILIDADES DURANTE LA AUDITORÍA

El primer paso denotado en la guía LEED consiste en definir a los miembros del equipo de auditoría, sus papeles y responsabilidades durante la auditoría. A continuación se presenta un listado de las personas involucradas en el proceso de auditoría al campus de postgrados de la Universidad don Bosco en Antiguo Cuscatlán y en la Ilustración 16 se muestra el organigrama del equipo de auditoría.

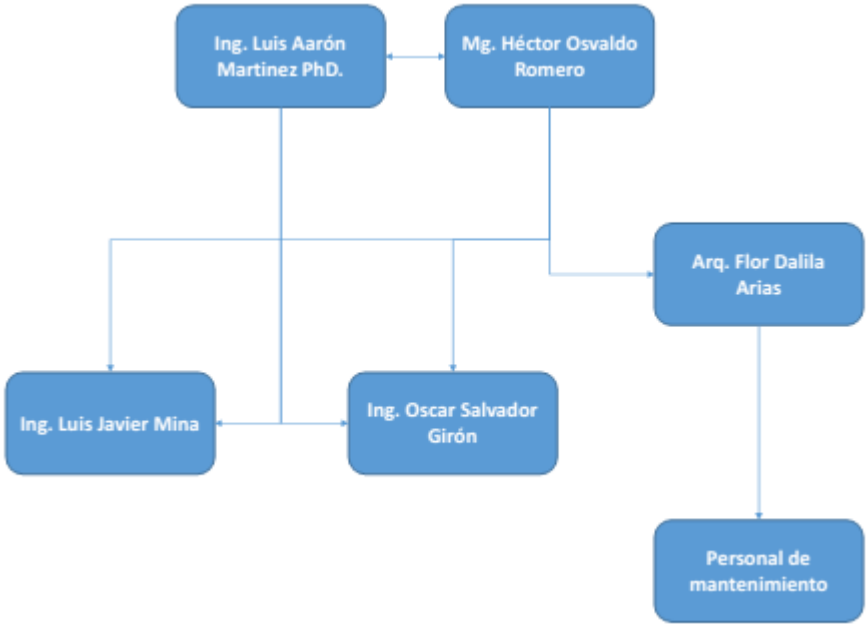


Ilustración 16. Organigrama de equipo de auditoría

1.1. ING. LUIS AARÓN MARTINEZ PHD. – DIRECTOR DEL TRABAJO

El Ing. Luis Martínez será el encargado de supervisar la ejecución del trabajo realizado, tanto de la recopilación de datos como el de los resultados de la auditoría, proveerá su experiencia para contribuir a determinar las posibles mejoras en la eficiencia energética. Finalmente será el encargado de aprobar la auditoría realizada antes de ser entregado a las autoridades de la universidad Don Bosco.

1.2. MG. HÉCTOR OSVALDO ROMERO – DIRECTOR DE LA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES

En su calidad de director de la maestría en Gestión de Energías Renovables de la Universidad Don Bosco, será el encargado de gestionar la colaboración de todo el personal de la universidad involucrado en el proceso de auditoría, será el enlace entre los desarrolladores del trabajo y las autoridades y personal universitario.

1.3. ARQ. FLOR DALILA ARIAS – ENCARGADA DE INFRAESTRUCTURA DEL CAMPUS DE MAESTRÍAS

Será la encargada de gestionar el flujo de información proveniente de las diversas direcciones de la universidad y proporcionarla a los ejecutores de la auditoría energética, además será la encargada de asignar al personal de mantenimiento que acompañará en las visitas de campo a los auditores energéticos.

1.4. ING. LUIS JAVIER MINA – AUDITOR ENERGÉTICO

Encargado de obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente del edificio, así como determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente. Realizar las auditorías energéticas, comprender las rutinas de funcionamiento y comportamiento de los usuarios con su impacto en el consumo de energía y propuestas de oportunidades de mejora con su correspondiente impacto.

Realizar tareas de Gestión energética, gestionando procesos y recursos para repartir de manera eficiente los consumos energéticos. Encargado de realizar la simulación energética.

1.5. ING. ÓSCAR SALVADOR GIRÓN – AUDITOR ENERGÉTICO

Encargado de obtener conocimientos adecuados del perfil de consumo de energía existente del edificio, así como determinar y cuantificar las posibilidades de ahorro de energía a un coste eficiente. Realizar las auditorías energéticas, comprender las rutinas de funcionamiento y comportamiento de los usuarios con su impacto en el consumo de energía y propuestas de oportunidades de mejora con su correspondiente impacto.

Realizar tareas de Gestión energética, gestionando procesos y recursos para repartir de manera eficiente los consumos energéticos. Encargado de realizar la simulación energética.

1.6. PERSONAL DE MANTENIMIENTO

El personal de mantenimiento que sea designado, será el encargado de dar acompañamiento a las visitas de inspección y recopilación de datos realizadas por los auditores, serán los encargados de permitir el acceso a todas las aulas, oficinas y demás espacios de la edificación. Durante las visitas ayudarán a los auditores a comprender de mejor forma el comportamiento energético del edificio mediante breves entrevistas.

2. DESCRIPCIÓN DEL PLANTEAMIENTO PARA IDENTIFICAR Y ANALIZAR OPORTUNIDADES DE MEJORA EN EL EDIFICIO

2.1. METODOLOGÍA

Cualquier metodología que se aplique para la realización de estudios de auditoria energética deberá tener como objetivos los siguientes:

- Identificar y cuantificar el potencial de ahorro de energía en las instalaciones y equipamiento energético.
- Analizar las condiciones reales de funcionamiento de los principales equipos.
- Identificar y evaluar las alternativas de mejora viables técnica y económicamente.

En el desarrollo de la metodología de trabajo para la realización de auditorías energéticas en edificios o instalaciones se pueden establecer las siguientes fases:

- Fase: Pre-diagnóstico
- Fase: Diagnóstico
- Fase: Propuestas de mejora

2.1.1. PRE-DIÁGNOSTICO

Comprende el reconocimiento preliminar del edificio o instalación, el estudio previo de su geometría, de distribución espacial y orientación, de las condiciones climáticas a las que se encuentra sometido, de las instalaciones industriales y de proceso de que dispone así como los equipos, los cuales permitirán evaluar la magnitud de los problemas energéticos y planificar las actividades a realizar en las siguientes fases de la auditoria.

2.1.1.1.INFORMACIÓN PRELIMINAR

Los datos necesarios que se deberán obtener y analizar en esta primera fase son:

- Planos del edificio (generales y detallados a diferentes escalas) y de las instalaciones existentes.
- Diagramas unifilares y esquemas de principio y funcionamiento de las instalaciones energéticas.
- Registros históricos mensuales de los consumos y costos de los suministros energéticos que abarquen como mínimo el periodo del año anterior al actual así como los meses del año en curso ya facturados.
- Horas de funcionamiento de las instalaciones y horas de operación al año de los equipos.
- Fuentes de suministro de energía.
- Características de las dimensiones, ocupación y utilización del edificio o instalación (número de usuarios, horarios de apertura y cierre, actividades que se desarrollan, etc.).

2.1.1.2.PLANIFICACIÓN DE LOS TRABAJOS DE AUDITORÍA

Todos los datos e información recopilada se someterán a una revisión, selección, análisis exhaustivo y detallado con la finalidad de, por una parte, elaborar el cronograma de actividades donde se relacionarán en el tiempo los trabajos de auditoria energética y los recursos humanos y materiales necesarios para desarrollarlos y, por otra, identificar los puntos de medida dentro de las instalaciones donde se situarán los equipos portátiles de medición.

2.1.2. DIAGNÓSTICO

El objetivo primordial del presente estudio es determinar oportunidades de mejora en el rubro de eficiencia energética. En la Ilustración 17 se describe de manera ilustrativa la metodología que se llevará a cabo durante todo el estudio.

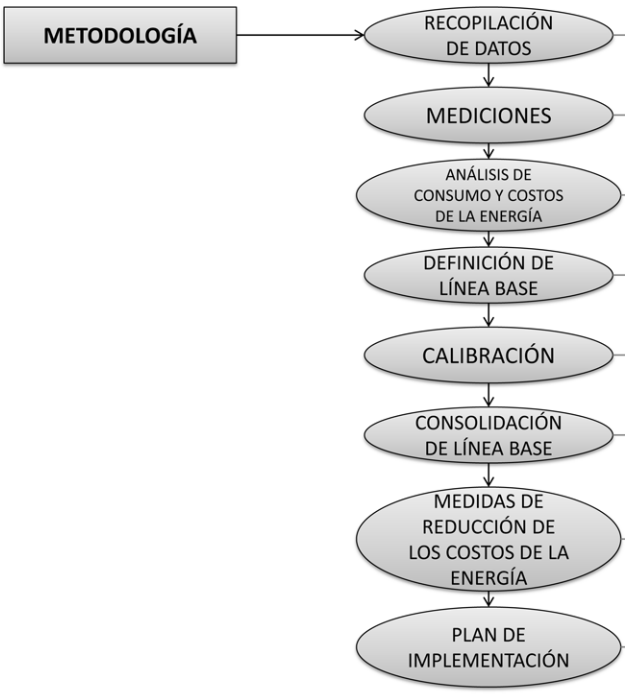


Ilustración 17. Esquema de Metodología

El proceso de obtención de datos consistirá de una serie de visitas técnicas que posibilitarán recopilar los datos necesarios para obtener indicadores de consumo y parámetros necesarios para el proceso de simulación energética; paralelamente, se llevarán a cabo diversas mediciones generales y puntuales, las cuales se utilizaron en el proceso de análisis y validación de la simulación energética.

Durante las visitas se procederá a realizar un levantamiento de datos, el cual consiste en obtener un conteo detallado de los diferentes equipos que consumen energía eléctrica dentro de las instalaciones, se incluyen: equipos de oficina, equipos de cocina, luminaria interior, luminaria exterior, aire acondicionado, equipo de bombeo, etc. Posteriormente se procederá a la obtención de datos de placa de los equipos.

Posteriormente se procederá a la definición de la línea base; mediante los planos de la instalación y las visitas realizadas se obtendrá la zonificación física y de consumo, la cual, para efectos de simulación, se agrupará por tipo de uso (iluminación, equipo de oficina, aire acondicionado, entre otras). De manera simultánea se procederá a realizar el análisis de facturas eléctricas que fueron proporcionadas por la UDB.

Una vez concluidos los pasos anteriores, el siguiente paso será la obtención de indicadores energéticos. Se procederá al cálculo de las densidades de potencia por zona (por habitación), las cuales, posteriormente, se agruparán por tipo de uso (baños, cocinas, bodegas, etc.), para obtener densidades de potencia promedio en las instalaciones. Todos estos insumos fueron necesarios para definir la línea base.

Una vez definida la línea base, se procederá a la consolidación de ésta, lo cual se muestra en la sección 7. Para esto se llevará a cabo el proceso de simulación energética utilizando el software especializado de simulación energética eQUEST (http://www.doe2.com/equest/). El software requiere información acerca de la ubicación del complejo, geometría, materiales de construcción, horarios de ocupación, iluminación, equipos que consumen energía, entre otros. Se efectuó una simulación térmico-energética para todo el año, hora por hora, con el objetivo de determinar las cargas térmicas, consumos energéticos y costos de electricidad. La simulación es útil pues permite evaluar, en una computadora los cambios que se tendrían del consumo energético y costos de energía a largo plazo en el diseño de la edificación estudiada.

Se procederá a la calibración y validación del modelo energético mediante la comparación del consumo real, obtenido de las facturas, con el consumo generado por el software de simulación. Se considera que un modelo se encuentra bien calibrado cuando no existe una diferencia mayor al 5 % entre el consumo real y el consumo generado.

2.1.3. PROPUESTAS DE MEJORA

Se realizará un listado de recomendaciones o propuestas de mejora orientada a aumentar la eficiencia energética de los sistemas.

Estas mejoras podrán clasificarse en:

- Mejoras que no requieren inversión
- Mejoras que sí requieren inversión.

2.1.3.1. EVALUACIÓN ENERGÉTICA Y ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS DE MEJORA

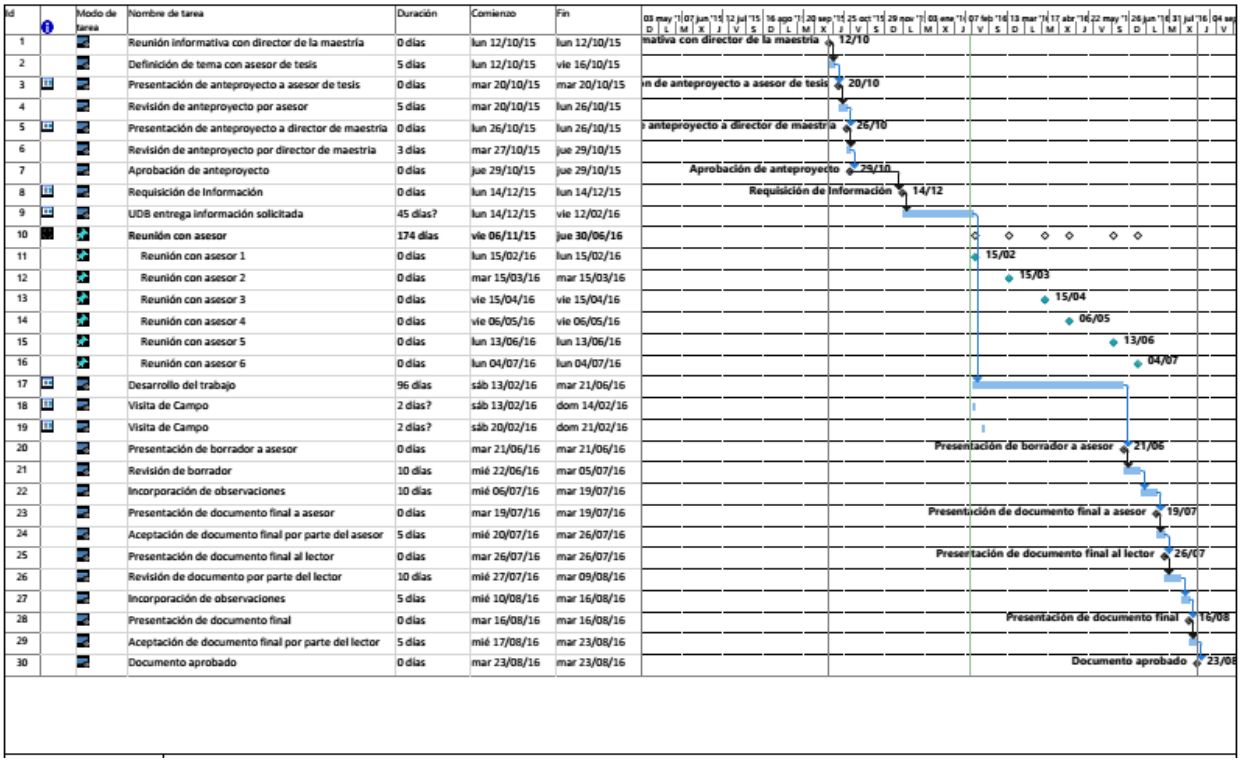
Las propuestas se evaluarán energética y económicamente para determinar la rentabilidad de las mismas. Estas mejoras se clasificarán de acuerdo a los requerimientos de inversión y periodo de retorno.

2.2. ELABORACIÓN DE INFORME TÉCNICO

El informe final deberá integrar las conclusiones obtenidas en las fases anteriores de la auditoria, y deberá contener por tanto:

- Características de los usos energéticos.
- Diagnóstico de la situación actual de los usos energéticos.
- Listado de problemática y propuestas de mejoras.
- Evaluación energética y económica de las mejoras propuestas.
- Plan de implementación de las mejoras propuestas.

3. PLAN DE TRABAJO



Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
1		Reunión informativa con director de la maestría	0 días	lun 12/10/15	lun 12/10/15
2		Definición de tema con asesor de tesis	5 días	lun 12/10/15	vie 16/10/15
3		Presentación de anteproyecto a asesor de tesis	0 días	mar 20/10/15	mar 20/10/15
4		Revisión de anteproyecto por asesor	5 días	mar 20/10/15	lun 26/10/15
5		Presentación de anteproyecto a director de maestría	0 días	lun 26/10/15	lun 26/10/15
6		Revisión de anteproyecto por director de maestría	3 días	mar 27/10/15	jue 29/10/15
7		Aprobación de anteproyecto	0 días	jue 29/10/15	jue 29/10/15
8		Requisición de Información	0 días	lun 14/12/15	lun 14/12/15
9		UDB entrega información solicitada	45 días?	lun 14/12/15	vie 12/02/16
10		**Reunión con asesor**	**174 días**	**vie 06/11/15**	**jue 30/06/16**
11		Reunión con asesor 1	0 días	lun 15/02/16	lun 15/02/16
12		Reunión con asesor 2	0 días	mar 15/03/16	mar 15/03/16
13		Reunión con asesor 3	0 días	vie 15/04/16	vie 15/04/16
14		Reunión con asesor 4	0 días	vie 06/05/16	vie 06/05/16
15		Reunión con asesor 5	0 días	lun 13/06/16	lun 13/06/16
16		Reunión con asesor 6	0 días	lun 04/07/16	lun 04/07/16
17		Desarrollo del trabajo	96 días	sáb 13/02/16	mar 21/06/16
18		Visita de Campo	2 días?	sáb 13/02/16	dom 14/02/16
19		Visita de Campo	2 días?	sáb 20/02/16	dom 21/02/16
20		Presentación de borrador a asesor	0 días	mar 21/06/16	mar 21/06/16
21		Revisión de borrador	10 días	mié 22/06/16	mar 05/07/16
22		Incorporación de observaciones	10 días	mié 06/07/16	mar 19/07/16
23		Presentación de documento final a asesor	0 días	mar 19/07/16	mar 19/07/16
24		Aceptación de documento final por parte del asesor	5 días	mié 20/07/16	mar 26/07/16
25		Presentación de documento final al lector	0 días	mar 26/07/16	mar 26/07/16
26		Revisión de documento por parte del lector	10 días	mié 27/07/16	mar 09/08/16
27		Incorporación de observaciones	5 días	mié 10/08/16	mar 16/08/16
28		Presentación de documento final	0 días	mar 16/08/16	mar 16/08/16
29		Aceptación de documento final por parte del lector	5 días	mié 17/08/16	mar 23/08/16
30		Documento aprobado	0 días	mar 23/08/16	mar 23/08/16

4. ENTREGABLES

Informe técnico (Documento actual).

ANEXO 3. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 2.

1. AUDITORÍA ENERGÉTICA ASHRAE NIVEL 1.

La primera parte de la auditoría energética ASHRAE Nivel 2, toma en cuenta todos los parámetros y hallazgos identificados en la auditoría nivel 1, por tanto, la auditoría nivel 2, debe catalogarse como una continuación de la auditoría ASHRAE Nivel 1, la cual puede encontrarse en el ANEXO 1, también debe consultarse el ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

2. ENFOQUE DEL ANÁLISIS

El análisis realizado parte de los datos recopilados y los resultados obtenidos durante la auditoría energética nivel 1, en la cual se identificaron medidas de conservación de la energía aplicables a la instalación. Estas oportunidades de mejora son retomadas, ampliadas y analizadas con una mayor extensión de datos, tomando en cuenta especificaciones de equipos disponibles en el mercado y analizando económicamente su factibilidad.

Para la realización de la auditoría energética nivel 2, se visitó la instalación con el objetivo de recopilar información que permitiera obtener un panorama más exacto de la situación actual. Para la instalación en estudio, los datos recopilados consistieron en mediciones eléctricas puntuales de diversos equipos que consumen energía, con el objetivo de alimentar posteriormente los datos necesarios para la simulación energética.

También se analizaron las facturas eléctricas a partir de las cuales se conoció el consumo energético mes a mes de la instalación, así como indicadores de uso de la energía. Además, se desarrolló un modelo base mediante la simulación energética, que permitió conocer la distribución del consumo energético de la instalación. Finalmente fueron evaluadas las medidas de reducción del consumo energético.

3. MEDICIONES ELÉCTRICAS PUNTUALES

Durante las visitas realizadas al campus de la UDB en Antiguo Cuscatlán, se procedió a realizar mediciones puntuales de los equipos que regularmente suelen representar una carga energética importante en relación al consumo total de la edificación.

En esta sección se presentan una recopilación de las mediciones realizadas en el edificio. Se llevaron a cabo tres tipos de mediciones.

1. Medición de los niveles de iluminación (Luxometro)
2. Mediciones eléctricas puntuales (Kill-a-watt, clamper)
3. Mediciones de flujo de aire en aires acondicionados (termo anemómetro, termómetro infrarrojo y amperímetro).

Ilustración 18. Luxómetro utilizado para medir los niveles de iluminación

Ilustración 19. Kill-a-watt utilizado para medir consumo energético

Ilustración 20. Termo anemómetro, termómetro infrarrojo y amperímetro utilizados para medir datos que permite estimar la eficiencia de los equipos de aire acondicionado

3.1. MEDIDICIONES DEL NIVEL DE ILUMINACIÓN

Se realizaron mediciones del nivel de iluminación mediante la utilización de un luxómetro. Dicho aparato permite cuantificar de una forma sencilla el nivel de iluminancia de una zona. Luego estos valores son comparados contra estándares internacionales, a fin de verificar tres condiciones:

- Existe una sobre iluminación
- Existe una iluminación deficiente

- Se encuentra dentro de los parámetros normales de iluminación

Esta medición se llevó a cabo con el propósito de determinar los valores de iluminancia y conocer si los niveles actuales se encuentran dentro de los rangos recomendados por normas internacionales. Se procedió a tomar de 5 a 10 valores en cada zona individual para luego obtener un promedio de dicha zona; posteriormente se agruparon todas las zonas que se encontraban dentro de una misma categoría para obtener un promedio global, es decir, se ingresó a cada aula, se tomaron valores de iluminancia en cada una y se obtuvo un valor promedio individual para cada aula, finalmente se promediaron estos valores individuales de cada aula para obtener el promedio de las aulas de la edificación. Se realizó el mismo procedimiento para cada una de las categorías definidas en la zonificación del edificio.

Tabla 40. Iluminación actual por tipo de zona

Tipo de Zona	Nivel Actual	Nivel Sugerido ISO 8995/89 (Lux)
Auditorio	310	300
Aulas	315	300
Oficina	310	300
Computo	320	300
Biblioteca	340	300
Cafetería	190	200
Baño	270	100
Reunión	305	300

Puede observarse que los niveles de confort lumínico sobrepasan en todas las categorías al mínimo sugerido por la norma utilizada a excepción de la cafetería. En el caso de la cafetería, la cual se encuentran sub iluminadas se estima que puede deberse a la suciedad encontrada en los diversos difusores y alojamientos de las lámparas.

3.2. MEDICIONES ELÉCTRICAS PUNTUALES

En el presente apartado se muestran las mediciones puntuales realizadas con el Kill A Watt, este aparato permite conocer datos instantáneos de: Potencia (kW), consumo eléctrico (kWh), voltaje (V), corriente (I), factor de potencia y frecuencia eléctrica. Estas mediciones son importantes pues permiten conocer el consumo actual de algunos equipos que fueron tomados como muestra, estos datos, además, se utilizan como insumos para que la simulación energética sea calibrada correctamente. El resumen de las mediciones obtenidas se presenta a continuación:

Tabla 41. Mediciones puntuales realizadas con el kill a watt

EQUIPO	CONSUMO (kWh)	VOLTAJE (V)	CORRIENTE (A)	POTENCIA (W)	FRECUENCIA (Hz)	FACTOR DE POTENCIA	TIEMPO DE MEDICIÓN (h:m)
Proyector	0.05	119.3	2.24	278	59.9	0.99	0:13
Microonda	0.04	116.4	14.98	1590	60	0.92	2:06
Fotocopiadora	0.18	115.3	0.11	2.3	60	0.17	1:03
PC	0.05	120.6	0.37	44.3	59.9	1	1:00
Cafetera	0.13	119.3	-	-	59.9	0.98	1:21
Refrigerador	2.28	117.5	-	-	59.8	0.78	0:35
Oasis	0.05	124.4	0.60	75	59.9	0.95	0:54
Refrigerador (Expendedora)	0.78	120.5	6.60	540	59.9	0.7	2:29
Expendedora (Sorbetes)	0.12	121.0	2.35	180	59.9	0.7	0:41

Estos datos sirvieron como insumos para la simulación energética pues representan los datos reales de consumo de los diferentes equipos de cocina y oficina del edificio. Como era de esperarse son los equipos de cocina los que poseen un mayor consumo de potencia. La fotocopiadora y los refrigeradores poseen un factor de potencia bajo, esto suele ser común en esta clase de equipos, sin embargo, mejorar el factor de potencia en estos equipos se vuelve impráctico pues el edificio actualmente no está sujeto a penalización por bajo factor de potencia.

4. ANÁLISIS DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Ver ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

5. GENERACIÓN DEL CASO BASE

Ver ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

6. SIMULACIÓN ENERGÉTICA

Ver ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

7. MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

Ver ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

ANEXO 4. SIMULACIÓN ENERGÉTICA

4.1. RESUMEN EJECUTIVO

Se realizó una auditoría energética detallada el campus de postgrados de la Universidad don Bosco ubicado en la prolongación de la Avenida Albert Einstein, Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador.

El presente texto muestra los resultados obtenidos de esta auditoría detallada la edificación, además de incluir todos los datos y mediciones que fueron recopiladas a lo largo del estudio. Se contempla un análisis de cargas basado en los levantamientos de equipos y mediciones que se llevaron a cabo, las cuales sirvieron para realizar una zonificación y cuantificación del consumo energético que permitió identificar las áreas de oportunidad de ahorro energético sobre las cuales se desarrollará el presente estudio, así como las recomendaciones de Medidas de Reducción del Consumo Energético (MRCE)

Una vez realizado el estudio de cargas, se procedió a realizar una calibración en base a mediciones de campo y a la recopilación de datos históricos de consumo de la edificación.

Todo lo antes planteado sirvió como insumo para realizar una modelación energética en el software especializado eQuest, con el propósito de crear una curva característica de consumo para la edificación, lo cual permitió evaluar de una forma más precisa Medidas de Reducción del Consumo Energético (MRCE) que fueron identificadas durante las visitas realizadas y que tienen potencial de ser implementadas.

Una vez realizada la simulación energética se determinó que existen ahorros energéticos anuales que ascienden a los $ 20,003. Los ahorros identificados representarían una reducción en facturación de 44.72%, requerirían una inversión de $83,677 y tendrían un Periodo de Recuperación Simple (PRS) de 4.18 años.

Tabla 42. Resumen de Medidas de reducción del consumo energético

Proyecto	Ahorro Anual en Consumo (kWh)	Ahorro Anual en facturación (US$)	Inversión (US$)	Reducción de CO_2 (TON)	Período de recuperación simple (Años)	Porcentaje de ahorro respecto al modelo base (%)
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	26,640.00	US$4,262.40	US$8,699.40	18.11	2.04	13.56%
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	10,830.00	US$1,732.80	US$0.00	7.36	0.00	5.51%
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	43,850.00	US$7,016.00	US$39,607.50	29.81	5.65	22.31%

MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	1,280.00	US$204.00	US$0.00	0.87	0.00	0.65%
MRCE 5: Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	36,540.00	US$5,846.40	US$33,299.45	24.82	5.70	18.59%
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	220.00	US$35.20	US$0.00	0.15	0.00	0.11%
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	5,670.00	US$907.00	US$2,071.64	3.85	2.28	2.89%
Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía	**87,870.00**	**US$20,003.80**	**US$83,677.98**	**59.73**	**4.18**	**44.72%**

4.2. ANÁLISIS DE FACTURACIÓN

El personal de la UDB proporcionó datos de consumo energético de veinticuatro meses seguidos de los años 2014 y 2015, a partir de los cuales se realizó un análisis detallado de la facturación y el comportamiento mes de la curva energética del edificio.

Del historial analizado, se obtiene que en el campus de postgrados de la UDB se tiene un consumo promedio de mensual de 16,435 kWh y un consumo promedio anual de 197,231 kWh. El costo promedio mensual de la energía es de US$ 2,636 y el costo promedio anual es de US$ 31,635.

Tabla 43. Indicadores del uso de la energía

Indicadores del uso de la energía					
Consumo Mensual Promedio de energía	16,435.94	kWh/mes	**Costo mensual promedio de energía**	US$2,636.00	$/mes
Área total construida	1,387.88	m²	**Precio unitario medio**	0.16	$/kWh
Intensidad del uso de la energía	11.84	KWh/m²	**Intensidad del costo de la energía**	US$1.90	$/m²

A partir de los datos obtenidos de las facturas eléctricas, es posible determinar algunos indicadores, los cuales permitirán a la UBD compararse con instituciones similares que en un futuro realicen este mismo proceso, en la Tabla 43 pueden observarse indicadores tales como:

intensidad del uso de la energía e intensidad del costo de la energía, además se ha obtenido un costo unitario medio para la energía en el período de los años analizados (2014 y 2015), este costo incluye los cargos de energía punta, valle y resto y no toma en cuenta los costos municipales.

En la Ilustración 21 y en la Ilustración 22 puede observarse la tendencia de consumo y costos de la energía de la universidad en el período analizado.

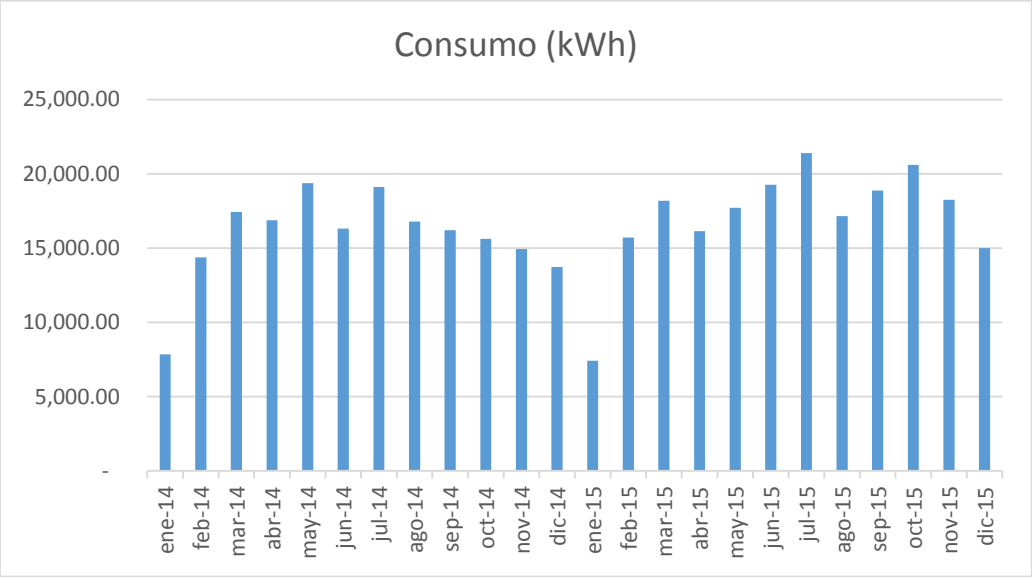


Ilustración 21. Consumo energético mensual de la instalación

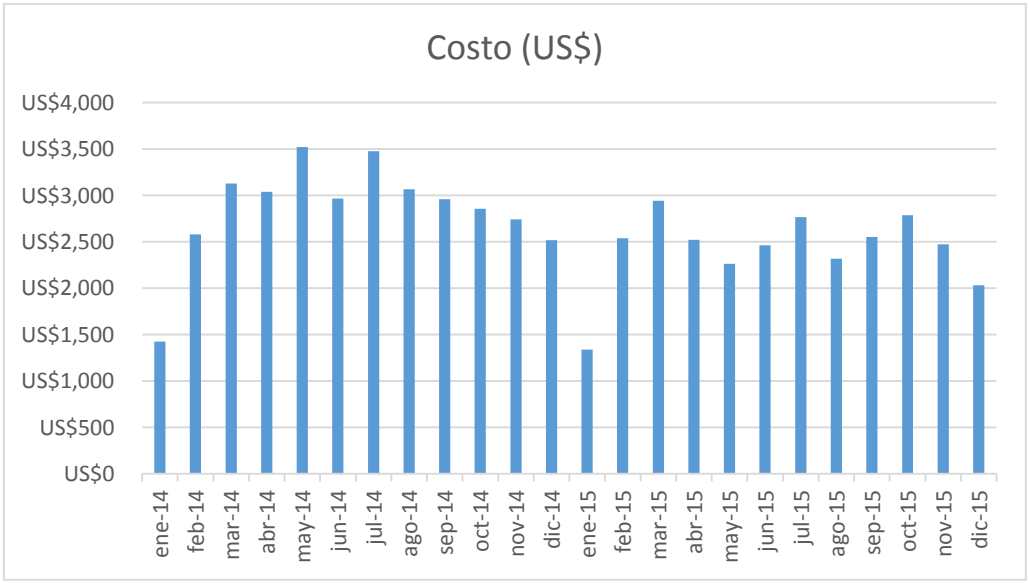


Ilustración 22. Costo mensual de la energía de la instalación

4.3. GENERACIÓN DEL CASO BASE Y CALIBRACIÓN

Como parte del proceso de auditoría energética y con el objetivo de cumplir con lo requerido por la guía LEED V4 Operación y Mantenimiento para Edificaciones Existentes, se procedió a desarrollar una simulación energética del campus de maestrías de la UDB Antiguo Cuscatlán.

Se desarrolló una simulación energética de la instalación en estudio, utilizando el software especializado de simulación energética eQUEST (http://www.doe2.com/equest/). El software requiere información acerca de la ubicación del complejo, geometría, materiales de construcción, horarios de ocupación, iluminación, equipos que consumen energía, entre otros. Se efectúa una simulación térmico-energética para todo el año, hora por hora, con el objetivo de determinar las cargas térmicas, consumos energéticos y costos de electricidad. La simulación es útil pues permite evaluar, en una computadora, el efecto que cambios en el diseño del complejo tendrían en el consumo energético y costos de energía a largo plazo. Para estimar los costos de energía se utilizó la tarifa eléctrica vigente obtenida de la última facturación proporcionada (Años 2014 y 2015). La simulación es construida utilizando información de diseño base, para luego considerar y evaluar la implementación de Medidas de Reducción del Costo de la Energía (MRCE's) que contribuyan a mejorar el desempeño energético de las instalaciones.

4.3.1. DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO

Se procedió a realizar un modelo energético en el software de simulación energética eQUEST. El modelo energético desarrollado permite evaluar el consumo energético de la Instalación en estudio, a fin de evaluar Medidas de Reducción del Costo de la Energía (MRCE's). Dicho software utiliza información climática típica, usando una base de datos TMY2 (Typical Meteorological Weather Data) para una estación meteorológica cercana al edificio en estudio, y que esté disponible en la base de datos internacional del programa SWERA, desarrollado por el Departamento de Energía de los Estados Unidos (http://apps1.eere.energy.gov).

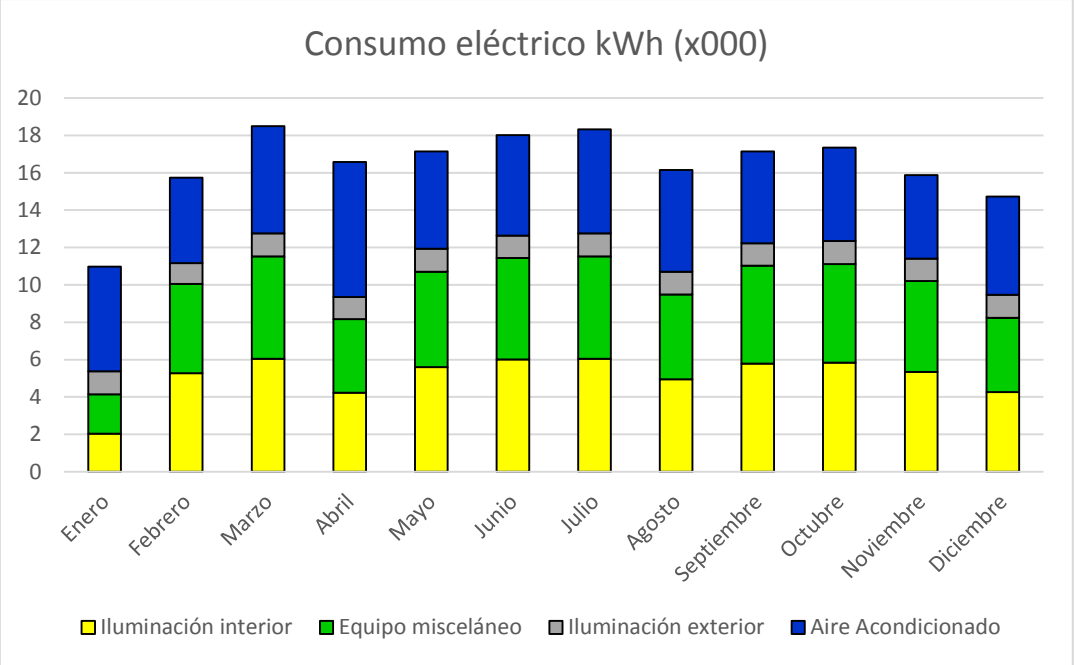


Ilustración 23. Consumo eléctrico mensual (kWh x000)

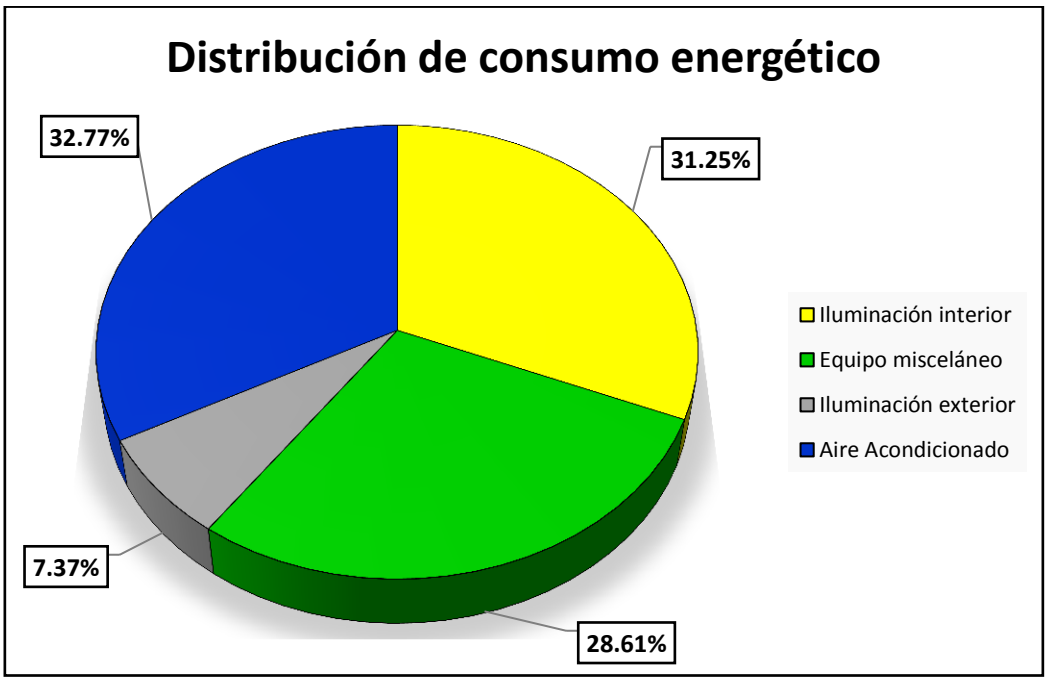


Ilustración 24. Distribución del consumo energético

4.3.2. CALIBRACIÓN DEL MODELO ENERGÉTICO

Una vez generado el caso base se procedió a realizar el proceso de calibración. El proceso de calibración del modelo energético es de vital importancia en una simulación energética pues

solo con un modelo calibrado puede asegurarse que los ahorros pronosticados por el software de simulación estarán apegados a la realidad.

El proceso de calibración consiste en comparar el consumo mensual arrojado por eQuest y el consumo real extraído de las facturas, en el caso particular de análisis, se contaba con facturación de dos años consecutivos, por lo cual se procedió a realizar un promedio mensual de los dos años disponibles, es decir, por ejemplo, para el mes de enero se promedió la facturación de enero 2013 y enero 2014 y se comparó con el mes de enero característico generado en eQuest.

Siguiendo los lineamientos de la normativa ASHRAE, para que un modelo energético se considere correlacionado adecuadamente con el modelo real, se requiere que exista un error anual porcentual no mayor al 5%, en este caso, en la Tabla 44 puede observarse que existe un error anual del 0.37% en el consumo de la edificación, por lo cual se concluye que el modelo energético representa fielmente la realidad y que todas las medidas evaluadas posteriormente poseen la base técnica necesaria para justificar los ahorros presentados.

En la Ilustración 25 puede observarse que para la gráfica de tendencia del consumo energético mensual también existe una muy buena correlación, con algunas leves variaciones en los meses de mayo y junio, las cuales pueden deberse a condiciones climáticas inusuales respecto a un año típico como el utilizado por eQuest, sin embargo, estas variaciones no afectan el proceso de simulación energética.

Tabla 44. Consumo real vs Consumo simulado (kWh) y porcentaje de error anual.

	kWh		
	Consumo Real	**Consumo Simulado eQuest**	
Enero	7,630.50	10,980.00	
Febrero	15,042.50	15,730.00	
Marzo	17,816.00	18,490.00	
Abril	16,519.00	16,570.00	
Mayo	18,550.00	17,140.00	
Junio	17,801.00	18,030.00	
Julio	20,261.50	18,330.00	
Agosto	16,976.00	16,140.00	
Septiembre	17,545.75	17,150.00	
Octubre	18,115.50	17,350.00	
Noviembre	16,601.50	15,870.00	
Diciembre	14,372.00	14,730.00	**% Error Anual**
Total	**197,231.25**	**196,510.00**	**0.37%**

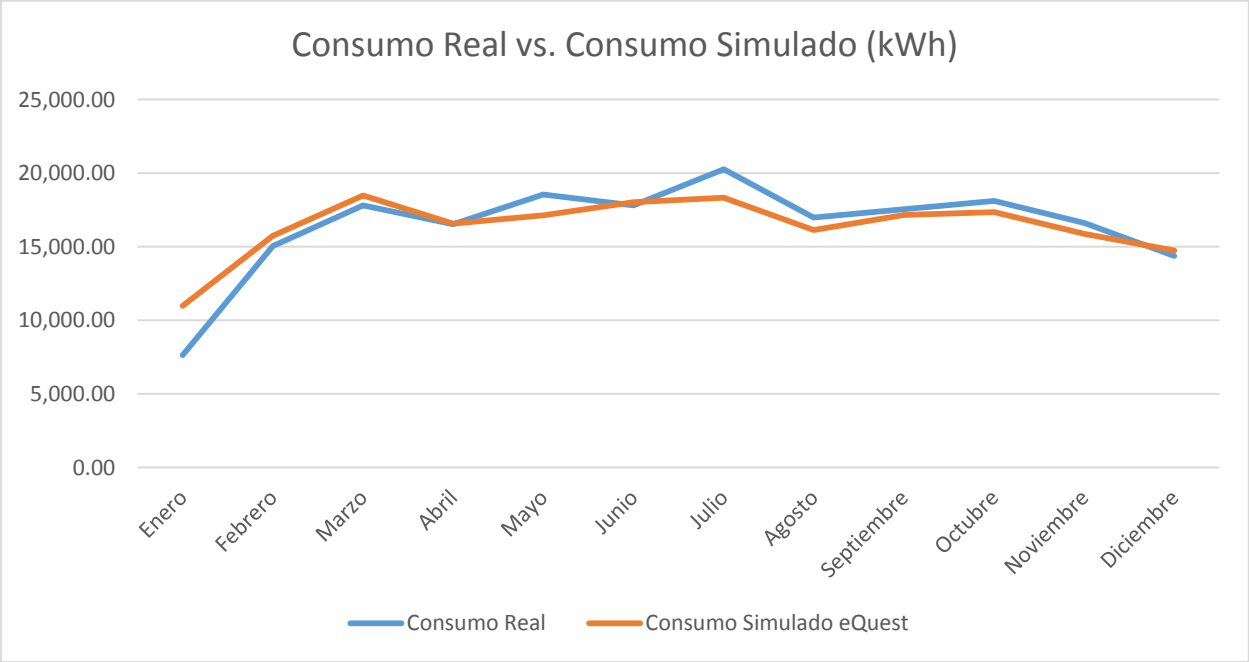


Ilustración 25. Consumo real vs consumo simulado (kWh)

4.4. MEDIDAS DE REDUCCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO (MRCE)

4.4.1. ILUMINACIÓN INTERIOR

4.4.1.1.MRCE1: SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS FLUORESCENTES F32T8 POR LÁMPARAS LED

Se propone el reemplazo de las luminarias actuales por luminarias LED, las cuales son altamente eficientes, tienen una mayor vida útil, un muy buen rendimiento de color y no contienen materiales tóxicos como el mercurio. La mejora consiste en remplazar las luminarias T8 de 32 W por tubos LED de 18W. Se propone el reemplazo de todas las luminarias en todas las zonas del campus.

En general las luminarias LED poseen muchas ventajas sobre las luminarias fluorescentes tradicionales, entre las cuales pueden mencionarse:

- Un 60% de mayor eficiencia energética sobre la iluminación fluorescente.
- Un 25% más de luminosidad sobre la iluminación tradicional.
- Una durabilidad de 6 a 20 veces más que la iluminación tradicional.
- Menor riesgo para el medio ambiente.
- Respuesta rápida.
- Mejor visión y mejor calidad luz.
- Menos calor emitido.

Si bien la cantidad nominal de lúmenes suele ser mayor en una lámpara fluorescente la cantidad de lúmenes efectivos de salida es mayor en una lámpara LED debido a que posee una mayor eficacia luminosa. Para poder demostrar esto es necesario introducir el término "coeficiente de utilización".

El coeficiente de utilización (CU) se define como el porcentaje de los lúmenes de una lámpara que alcanzan un determinado plano. Debido a la forma cilíndrica de una lámpara fluorescente únicamente 1/3 de la iluminación de salida incide directamente sobre la superficie donde se requiere, el resto de la iluminación es reflejada y no directa, por lo cual el coeficiente de utilización de una lámpara fluorescente es en promedio 65%.

Las luminarias LED poseen una fuente de luz direccional, por tanto la mayor parte de la iluminación incide directamente sobre la superficie que se requiere, por lo cual el coeficiente de utilización promedio es de hasta 89%.

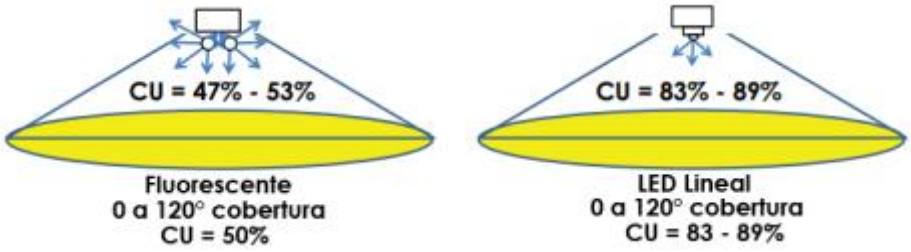


Ilustración 26. Comparación de Eficiencia de Luminarias Fluorescentes y LED

Tabla 45. Comparación de Datos Técnicos de Luminarias Fluorescentes y Luminarias LED

	FLUORESCENTE T8	**LED**
Tubo 120 cm	32	18,1W
Lux 1m	420	560(+25%)
Lux 2m	120	160
Lux 3m	50	72
Lux 4m	33	43
Ruido	SI	NO
Parpadeo	SI	NO
Duración	8	50
Garantía	2 años	5 años/18.000
CO_2	SI	NO
Mercurio	SI	NO
Fósforo	SI	NO
Radiación ultravioleta/ infrarroja	SI	NO

La metodología que se utilizó para evaluar esta medida de eficiencia, consistió en obtener la densidad de potencia actual (línea base) y una densidad de potencia propuesta (obtenida de las nuevas potencias de las luminarias a implementar). Al implementar luminarias LED la densidad de potencia de iluminación se reduce en promedio 40%, es decir, el consumo de potencia en iluminación se reducirá un 40% por metro cuadrado en las zonas donde se aplique la iluminación de LED.

Al aplicar esta medida de eficiencia energética se estima que se obtendrá un ahorro de 26,640 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$4,262. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 46.

Tabla 46. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por LED

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
SUSTITUCIÓN DE LUMINARIAS FLUORESCENTES F32T8 POR LÁMPARAS LED	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	26,640.00	US$4,262.40	13.56%	18.11
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$8,699.40	48%	$13,735.81	2.04

Para calcular la inversión inicial se ha consultado el precio de las lámparas LED de 18W con proveedores locales, el precio unitario de cada lámpara es de US$10.12 y se requerirá la sustitución de 716 unidades. Se ha tomado en cuenta un 20% extra para cubrir posibles gastos de instalación.

Tabla 47. Inversión inicial para lámparas LED de 18W

Inversión	
Precio unitario (US$)	$10.12
cantidad	716
% instalación	20%
TOTAL (US$)	$8,699.40

4.4.2. EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO

4.4.2.1.MRCE 2: CONFIGURACIÓN DE TERMOSTATOS A 23°C

La recomendación de configuración de termostatos representa una medida de conservación de la energía pues no requiere realizar ninguna inversión económica y genera de manera inmediata ahorros energéticos y disminuye el impacto ambiental de las instalaciones. Se recomienda configurar la totalidad de los termostatos la temperatura de 23°C.

Diversos estudios demuestran que para las condiciones de climas tropicales, por cada grado menos de temperatura el consumo de energía de los equipos de acondicionamiento de aire aumenta entre un 6 y 8%.

La configuración de la temperatura de los aires acondicionados de las aulas generalmente es realizada por el personal de vigilancia del edificio, al inicio de la clase, se encienden los equipos y se consulta al catedrático sobre la temperatura de configuración. Se sugiere que el control de los equipos de aire acondicionado sea dejado en el aula, pues el tipo de equipos

mini Split logra regular su temperatura mediante el termómetro instalado en el control remoto y que se indique al catedrático a dejar el equipo configurado a 23°C.

Para la evaluación de esta medida se toma en cuenta que se configurarán todos los termostatos que existen en el edificio a la temperatura sugerida.

Al aplicar esta medida de conservación de la energética se estima que se obtendrá un ahorro de 10,830 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$1,732. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 48.

Tabla 48. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Configuración de termostatos a 23°C

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
CONFGURACIÓN DE TERMOSTATOS A 23°c	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	10,830.00	US$1,732.80	5.51%	7.36
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$0.00	-	-	-

4.4.2.2.MRCE 3: SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO POR EQUIPOS INVERTER

Un equipo de aire acondicionado disminuye su eficiencia al aumentar sus años de operación, esto se debe principalmente al desgaste y/o fatiga en diversas piezas mecánicas así como deterioro de tuberías, evaporadores o aislantes. En general, como todos los equipos dotados de componentes mecánicos poseen un período de vida útil, el cual es de entre 10 y 20 años.

Los equipos antiguos pueden funcionar sin ningún síntoma aparente de problemas, sin embargo el consumo de energía es excesivo en comparación con equipos nuevos y sobre todo si se compara con equipos de alta eficiencia. Operar equipos a baja eficiencia significa un desperdicio energético y una pérdida económica que puede llegar a ser considerable.

Se recomienda adquirir equipos de alta eficiencia tipo inverter y que funcionen con gas refrigerante R410-A. Para el cálculo de ahorros en la simulación energética y costos de inversión inicial se han utilizado equipos de la gama de alta eficiencia con valores de eficiencia mínima SEER de 16.

A diferencia de los sistemas convencionales, la tecnología Inverter adapta la velocidad del compresor a las necesidades de cada momento, permitiendo consumir únicamente la energía necesaria. De esta manera se reducen drásticamente las oscilaciones de temperatura, consiguiendo mantenerla en un margen comprendido entre +1ºC y -1ºC y gozar de mayor estabilidad ambiental y confort.

Gracias a un dispositivo electrónico de alimentación sensible a los cambios de temperatura, los equipos Inverter varían las revoluciones del motor del compresor para proporcionar la potencia demandada. Y así, cuando están a punto de alcanzar la temperatura deseada, los equipos disminuyen la potencia para evitar los picos de arranque del compresor. De esta manera se reduce el ruido y el consumo es siempre proporcional.

El sistema Inverter posibilita que el compresor trabaje un 30% por encima de su potencia para conseguir más rápidamente la temperatura deseada y, por otro lado, también puede funcionar hasta un 15% por debajo de su potencia. De nuevo, esto se traduce en una significativa reducción tanto del ruido como del consumo.

Al aplicar esta medida de eficiencia energética se estima que se obtendrá un ahorro de 43,850 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$7,106. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 49.

Tabla 49. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
SUSTITUCIÓN DE EQUIPOS DE AIRE ACONDICIONADO POR EQUIPOS TIPO INVERTER	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	43,850.00	US$7,016.00	22.31%	29.81
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$39,607.50	12%	$30.77	5.65

Para calcular la inversión inicial se ha consultado el precio de los equipos con proveedores locales, requiriéndose la sustitución de 19 equipos de aire acondicionado según las capacidades de la Tabla 50. Se ha considerado el escenario en el cual la Universidad don Bosco vendería los equipos que serían removidos del campus, para este fin, se procedió a calcular el valor en libros actual partiendo de los precios de los equipos nuevos y utilizando el método de depreciación lineal asumiendo que los equipos se encuentran en el año 10 de su vida útil total de 15 años. Se ha considerado con costo extra de 20% para cubrir posibles costos de instalación.

Tabla 50. Inversión inicial para equipos de aire acondicionado

Cantidad	Potencia (BTU/h)	Costo (US$)	Subtotal (US$)	Total (US$)
1	9000	US$509.25	US$509.25	US$611.10
0	18000	US$584.25	US$0.00	US$0.00
14	36000	US$1,874.25	US$26,239.50	US$31,487.40
1	58000	US$3,224.25	US$3,224.25	US$3,869.10
3	60000	US$3,224.25	US$9,672.75	US$11,607.30
			Subtotal de costo (US$)	US$47,574.90
			Venta de equipos viejos (US$)	-US$14,568.60
			Subtotal de Inversión(US$)	US$33,006.30
			Total (Inc. Instalación) (US$)	US$39,607.56

4.4.3. EQUIPO DE CÓMPUTO

4.4.3.1.MRCE 4: CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DE CÓMPUTO EN MODO HIBERNACIÓN

La recomendación de configuración de equipos en modo hibernación representa una medida de conservación de la energía pues no requiere realizar ninguna inversión económica y genera de manera inmediata ahorros energéticos además de disminuir el impacto ambiental de las instalaciones.

Según diversos estudios realizados por la Agencia Internacional de Energía, la mayor parte del consumo energético en un equipo de cómputo se da en el monitor. En el campus de la UDB la mayor parte de monitores son del tipo CRT. La IEA ha determinado, que un PC de escritorio con monitor incluido, al encontrarse en estado de suspensión (hibernación) consume entre 15 y 50 Watts, normalmente consume entre 200 y 300 Watts.

Se recomienda utilizar las funciones de ahorro, que incluye Microsoft Windows, las cuales permiten que la computadora se apague automáticamente (hibernación), cuando se detecta que el equipo no ha sido utilizado durante un tiempo preestablecido (30 minutos recomendado), o entrar en modo de suspensión, después de un tiempo determinado (10-15 minutos recomendado).

Al aplicar esta medida de conservación de la energía se estima que se obtendrá un ahorro de 1,280 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$204. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 51.

Tabla 51. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Configuración de equipos de cómputo en modo hibernación

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
CONFIGURACIÓN DE EQUIPOS DE CÓMPUTO EN MODO HIBERNACIÓN	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	1,280.00	US$204.80	0.65%	0.87
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$0.00	-	-	-

4.4.3.2.MRCE 5: SUSTITUCIÓN DE COMPUTADORAS DE ESCRITORIO POR LAPTOPS

Se han contabilizado alrededor de 111 computadores de escritorio en los diferentes laboratorios del campus de maestrías de la Universidad don Bosco, dichas computadoras se utilizan de forma permanente durante los horarios de operación del edificio y poseen monitores de alto grado de consumo energético. La Agencia Internacional de Energía ha estimado que una computadora de escritorio equipada con monitor tipo CRT puede llegar a tener una potencia promedio de 300W.

Se recomienda sustituir dichas computadoras por equipos tipo laptop, los cuales, en sus modelos más recientes (con clasificación Energy Star) pueden llegar a tener una potencia promedio de entre 30 y 50W. Con esta medida se estará generando un ahorro energético considerable y si bien, como podrá verse más adelante, los indicadores económicos no son tan alentadores, es necesario también considerar el impacto ambiental positivo, el cual es el objetivo primordial de la certificación LEED.

Al aplicar esta medida de eficiencia energética se estima que se obtendrá un ahorro de 36,540 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$5,846. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 52.

Tabla 52. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de computadoras de escritorio por laptops

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
SUSTITUCIÓN DE COMPUTADORAS DE ESCRITORIO POR LAPTOPS	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	36,540.00	US$5,846.40	18.59%	24.84
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$33,299.45	12%	($237.48)	5.70

Para calcular la inversión inicial se ha consultado el precio de computadoras Core-i5 con proveedores locales, el precio unitario de cada laptop es de US$449.99 y se requerirá la sustitución de 111 unidades. Se ha considerado el escenario en el cual la Universidad don Bosco vendería los equipos que serían removidos del campus, para este fin, se procedió a calcular el valor en libros actual partiendo de los precios de los equipos nuevos y utilizando el método de depreciación lineal asumiendo que los equipos se encuentran en el año 10 de su vida útil total de 15 años.

Tabla 53. Inversión inicial para compra de laptops

Inversión	
Precio unitario	449.99
cantidad	111
Subtotal US$	US$49,949
Venta de equipos viejos US$	-US$16,650
Total US$	US$33,299

4.4.4. EQUIPO DE COCINA

4.4.4.1.MRCE 6: DESCONEXIÓN DE CAFETERAS Y OASIS EN HORARIOS NO LABORALES

Se identificó que los oasis y cafeteras permanecen encendidos aun durante horarios en los cuales ya no labora personal dentro de la institución. Se recomienda que al finalizar la jornada laboral se proceda a desconectar dichos equipos. Durante las visitas realizadas se pudo constatar que dicha práctica no es realizada y los equipos están en funcionamiento durante las 24 horas del día y durante los fines de semana. Por lo cual, se recomienda promover la medida para fomentar el uso eficiente de la energía.

Al aplicar esta medida de conservación de la energía se estima que se obtendrá un ahorro de 220 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$35. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 54.

Tabla 54. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Desconexión de cafeteas y oasis en horarios no laborales

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
DESCONEXIÓN DE CAFETERAS Y OASIS EN HORARIOS NO LABORALES	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	220.00	US$35.20	0.11%	0.15
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$0.00	-	-	-

4.4.5. ILUMINACIÓN EXTERIOR

MRCE 7: SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS DE HALURO METÁLICO POR LÁMPARAS LED

Actualmente existen 25 reflectores de haluro metálico en la zona exterior del complejo San Ramón, estos haluros poseen una potencia nominal de 175 y 250W.

Se recomienda sustituir estas luminarias por lámparas LED de 150W. Podría utilizarse una potencia menor para producir la cantidad de lúmenes equivalentes a un haluro de 250W, sin embargo, la potencia comercial más baja para este tipo de lámpara (LED) es de 150W.

Al aplicar esta medida de eficiencia energética se estima que se obtendrá un ahorro de 5,670 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$907. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 55.

Tabla 55. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Sustitución de lámparas de haluro metálico por LED

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
SUSTITUCIÓN DE LÁMPARAS DE HALURO METÁLICO POR LED	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	5,670.00	US$907.20	2.89%	3.85
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$2,071.98	43%	$2,726	2.28

Para calcular la inversión inicial se ha consultado el precio de las lámparas LED de 150W con proveedores extranjeros, el precio unitario de cada lámpara es de US$84.99 y se requerirá la sustitución de 25 unidades. Se ha tomado en cuenta un 30% extra para cubrir posibles gastos de importación e instalación.

Tabla 56. Inversión inicial para compra de luminaria exterior LED

Inversión	
Precio unitario	63.74
cantidad	25
% instalación	30%
TOTAL	$2,071.63

4.4.6. COMBINACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA

Haciendo uso de la herramientas de simulación computacional se procedió a realizar una recopilación de todas las medidas previamente analizadas, mediante la simulación computacional es posible analizar el efecto combinado que las medidas de eficiencia energética y conservación de la energía tienen entre sí, también permite analizar la interacción térmico-energética del edificio. Por ejemplo, los resultados de dicha simulación, toma en

cuenta la carga de aire acondicionado en relación a la carga térmica generada por iluminación, personas y equipos eléctricos, además de tomar en cuenta la carga térmica exterior generada por la energía solar.

Al aplicar la combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía se estima que se obtendrá un ahorro de 87,870 kWh por año lo cual se traduce en un ahorro anual en facturación de US$20,003.80. El resumen de indicadores financieros puede leerse de la Tabla 52.

Tabla 57. Resumen de ahorros energéticos e indicadores económicos – Combinación de medidas de eficiencia energética y conservación de la energía

RESUMEN DE AHORROS ENERGÉTICOS E INDICADORES ECONÓMICOS				
COMBINACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA	**Ahorro en consumo (kWh)**	**Ahorro en facturación (US$)**	**% Ahorro respecto al modelo base**	**Reducción de CO_2 (TON)**
	87,870.00	US$20,003	44.72%	59.73
	Inversión (US$)	**TIR**	**VAN**	**PRS (años)**
	$83,677.98	20%	$26,203.53	4.18

4.4.7. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

El plan te implementación de las medidas de eficiencia energética y conservación de la energía consiste en priorizar cada una de las medidas analizadas a lo largo del estudio, dando énfasis o prioridad a aquellas medidas que con poca o nula inversión representan ahorros energéticos significativos y siguiendo con aquellas medidas que con un alto grado de inversión económica generan importantes ahorros energéticos.

Se recomienda la implementación de las diversas Medidas de Reducción del Consumo Energético (MRCE) según el orden que se presenta en el plan de implementación de la Tabla 58. En conjunto, los ahorros constituyen una reducción del 44.72 % en la factura eléctrica del edificio, lo que se traduce en un ahorro de $ 14,059 anuales.

Tabla 58. Plan de implementación de las Medidas de Reducción del Consumo Energético

Proyecto	Ahorro en Consumo (kWh)	Ahorro en facturación (US$)	Inversión (US$)	Reducción de CO_2 (TON)	Período de recuperación simple (Años)
MRCE 2: Configuración de termostatos a 23°C	10,830.00	US$1,732.80	US$0.00	7.36	0.00
MRCE 4: Configuración de computadoras de escritorio en modo hibernación	1,280.00	US$204.00	US$0.00	0.87	0.00
MRCE 6: Desconexión de cafeteras y oasis en horarios no laborales	220.00	US$35.20	US$0.00	0.15	0.00
MRCE 7: Sustitución de lámparas de haluro metálico por lámparas LED	5,670.00	US$907.00	US$2,071.64	3.85	2.28
MRCE 1: Sustitución de luminarias fluorescentes F32T8 por lámparas LED	26,640.00	US$4,262.40	US$8,699.40	18.11	2.04
MRCE 3:Sustitución de equipos de aire acondicionado por equipos inverter	43,850.00	US$7,016.00	US$39,299.45	29.81	5.65
MRCE 5:Sustitución de computadoras de escritorio por laptops	36,540.00	US$5,846.40	US$33,299.45	29.81	5.70

BIBLIOGRAFÍA

- Haselbch, L. (2008). *The Engineering Guide to LEED.* (1ª Edición). New York: McGraw Hill.
- Chen,G. (2015). *Building Construction.* (2ª Edición). California: ArchiteG, Inc.
- Danko, P. (2013). *LEED's Stunning Growth – and What's Behind It.* Recuperado de http://www.greentechmedia.com/articles/read/leeds-stunning-growth-and-whats-behind-it.
- USGBC. (2014). *USGBC.* Recuperado de http://www.usgbc.org/articles/rating-system-selection-guidance.
- Kuk, Michael. (2015). *Commercial Building Energy Audits.* Recuperado de http://illinoisashrae.org/images/meeting/031015/2014_15_Documents/1a_ashrae_audits_michael_kuk.pdf.