

Economic benefits of LEED certification: a case study of the Centro Ático building

Beneficios económicos de la certificación LEED. Edificio Centro Ático: caso de estudio

Ó. Ribero *, D. Garzón *, Y. Alvarado ^{1*}, I. Gasch **

* Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá. COLOMBIA

** ICITECH, Universitat Politècnica de València, Valencia. ESPAÑA

Fecha de Recepción: 30/07/2015

Fecha de Aceptación: 30/12/2015

PAG 139-146

Abstract

This article discusses the economic benefits of the implementation of the sustainable building LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) certification in the Centro Ático building located in Bogotá, Colombia. Initially, the consumption of water and electricity are determined, as well as the costs of construction and operation of the building under its original design (built without regard to the parameters set by LEED). Then, strategies to allow the Centro Ático building to obtain the LEED GOLD New Construction V3 2009 certification are proposed and the economic increases associated with them are calculated. Also, the new consumption of water and electricity, when these strategies are applied (modified design), and their operating costs are calculated. Finally, indicators of economic goodness of investment are determined using a cash flow analysis.

Keywords: LEED, cash flow, IRR, VPN, Payback

Resumen

En el presente artículo se estudian los beneficios económicos de la aplicación del programa de certificación de construcciones sostenibles LEED, en el Edificio Centro Ático situado en Bogotá - Colombia. Inicialmente, se determinan los consumos de agua y energía eléctrica, y los costos de construcción y operación del edificio bajo su diseño original (construido sin tener en cuenta los parámetros establecidos por LEED). Seguido a esto se plantean estrategias para lograr que el edificio Centro Ático alcance la certificación LEED GOLD New Construction V3 2009 y se calculan los incrementos económicos asociados a éstas. Así mismo, se calculan los nuevos consumos de agua y energía eléctrica bajo la aplicación de dichas estrategias (diseño modificado) y sus correspondientes costos de operación. Finalmente, se determinan los indicadores de bondad económica de la inversión mediante un análisis de flujo de caja.

Palabras clave: LEED, flujo de caja, TIR, VPN, retorno de la inversión

1. Introducción

El sector de la construcción es uno de los motores más importantes en la economía de un país, situación que se refleja en los indicadores económicos del mismo. En Colombia, durante el año 2013, se reflejó un crecimiento del 9.8% en la industria de la construcción, lo que impulsó el crecimiento del PIB durante este mismo periodo (DANE, 2014).

Por otro lado, el sector de la construcción es el responsable de notables impactos ambientales debido a los altos consumos de energía eléctrica, agua y materias primas que éste representa, además de generar gran cantidad de residuos y contaminantes del aire, suelo y agua. Es por ello que este sector dispone de un gran potencial de mejora ambiental. Diferentes entes, tanto públicos como privados, alrededor del mundo han empleado políticas de construcción sostenible implementando estándares en el desarrollo de proyectos de edificación para promover el cuidado del medio ambiente y la salud humana.

En el caso de Estados Unidos, a mediados de los 90s, el *US Green Building Council* inició trabajos en las primeras versiones de un sistema de calificación de edificaciones sostenibles, que ya en 1998 fue denominado LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*). El objetivo inicial de esta certificación era crear un estándar que definiera al edificio sostenible, desde tres aspectos principales: medioambiental, social y económico, permitiendo así calificar la sostenibilidad de los edificios de una forma objetiva y racional (Kriss, 2014).

Aunque en Colombia la construcción sostenible ya empieza a ser parte importante para las empresas vinculadas al sector, las cifras de la implementación de sistemas como LEED no son alentadoras. Según reportes del DANE (2013), entre los años 2009 y 2013 se aprobaron aproximadamente 49.109 millones de m² de construcción y en contraposición tan solo 118 proyectos fueron registrados en el directorio LEED durante este mismo periodo.

La situación expuesta anteriormente conlleva a una necesidad evidente de incentivar en Colombia la aplicación de sistemas de calificación sostenible que reflejen, no solo el crecimiento en términos económicos del país, sino que además tengan un aporte sobresaliente en el cuidado medioambiental.

Por lo anterior, este trabajo busca, a través de un estudio de caso, evaluar y establecer los beneficios en términos económicos que pueden generarse a partir de la

¹ Autor de Correspondencia:

Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá, Colombia
E-mail: alvarado.y@javeriana.edu.co



implementación de la certificación LEED New Construction V3 2009 aplicado a una edificación en Colombia.

2. Descripción del caso de estudio

La edificación objeto del presente estudio corresponde al edificio institucional Centro Ático, el cual está ubicado en el campus de la Pontificia Universidad Javeriana (PUJ) en la ciudad de Bogotá - Colombia. Este edificio, que

entró en funcionamiento a finales del 2010, cuenta con un área total construida de aproximadamente 8.370 m² distribuida en siete pisos.

La arquitectura del edificio, tal como se muestra en la Figura 1, combina un concreto a la vista con un enchape en piedra royal veta y grandes fachadas en vidrio, una cubierta plana con elementos que permiten la entrada de luz natural al interior del edificio y una pequeña porción de cubierta verde.



Figura 1. Vista Noroccidental del edificio Centro Ático

El interior del edificio cuenta en su mayoría con aulas de clases, usadas principalmente por las facultades de diseño y arte, y para la generación de contenidos visuales de la universidad. Por lo cual, cuenta con estudios de televisión y producción audio visual, salas de edición y estudios de grabación. La construcción y el desarrollo de todos estos espacios posicionaron a esta edificación como el único centro en América Latina que integra los recursos tecnológicos de audio, video y TIC para el entretenimiento y la producción de proyectos de la comunidad universitaria, el país y la región.

Es importante resaltar que el Edificio Centro Ático no fue concebido bajo la aplicación de parámetros de sostenibilidad y por ende tampoco siguió programas de certificación de edificaciones verdes como LEED.

3. Métodos y resultados

3.1 Evaluación LEED del diseño original

Se denominó diseño original del Edificio Centro Ático, a la información con la cual fue construido el edificio, en donde se incluyen los planos y las especificaciones del mismo.

Con el fin de conocer el puntaje obtenido por una edificación que no fue concebida bajo los parámetros establecidos por la certificación LEED, se llevó a cabo la evaluación LEED New Construction V3 2009 del edificio en su diseño original, en donde se logró obtener un total de 20 puntos. A partir de lo establecido por el US Green Building

Council (USGBC), como resultado de la sumatoria de los puntos obtenidos en cada uno de los siete capítulos que hacen parte de la certificación, un edificio puede certificarse si obtiene un mínimo de 40 puntos. De acuerdo con lo anterior, el diseño original del Centro Ático no alcanza ningún nivel de certificación LEED.

3.1.1 Consumo de agua y energía eléctrica del diseño original

Para calcular el consumo de agua, tanto del diseño original del edificio como de su respectiva línea base (siendo la línea base el punto de comparación exigido por LEED para determinar los ahorros en el consumo de agua y energía eléctrica), se tuvieron en cuenta los usos diarios de cada uno de los aparatos sanitarios de la edificación calculados a partir de los FTE's (*Full time equivalent*) según los parámetros definidos en el "Water use reduction additional guidance" del USGBC (2009). Con lo anterior, se determinó que el consumo total de agua para la línea base durante un periodo de un año es de 6.351.755 litros, comparado con un consumo anual de 6.323.532 litros del diseño original. Esto indica que con este último se logra una reducción del 0,44% en el consumo anual de agua respecto a la línea base establecida en la certificación LEED.

En el caso del consumo de energía eléctrica, fue necesario realizar una modelación por espacios de la edificación en el programa de Autodesk, Revit (2014), en donde se tuvieron en cuenta principalmente las características arquitectónicas del Centro Ático, tales como la



envolvente y los acabados principales de muros y pisos. Una vez realizado dicho modelo, éste fue exportado a un archivo gbXML en el que se incluyó la geometría del edificio, la ubicación real y las propiedades térmicas de los materiales, con el fin de importar dicho archivo al software web Autodesk Green Building Studio 2011 (GBS) para realizar la respectiva simulación energética.

Los resultados obtenidos tras dicha simulación indican que el consumo de energía eléctrica anual del diseño original, el cual es de 775.742 kWh, es un 0.51% más alto en comparación con los 771.739 kWh correspondientes al consumo de energía eléctrica anual de la línea base del edificio.

3.1.2. Costos de construcción y operación del diseño original

Junto con la finalización del proyecto en el año 2010, se obtuvo el costo de construcción total de la edificación en donde se incluyen todas las actividades relacionadas a los

costos directos e indirectos del proyecto, esta información se presenta en la Tabla 1.

De la información mostrada en la Tabla 1, se obtuvo un costo total de construcción del diseño original del edificio Centro Ático de \$21.901.508.449 [COP] a valores constantes del año 2010.

Adicionalmente, y de acuerdo con lo descrito por Fuller (2010), los costos de operación del edificio se analizaron para un ciclo de vida de 30 años, teniendo en cuenta únicamente los consumos asociados a energía eléctrica y agua una vez iniciada su puesta en marcha en el año 2011. Las consideraciones generales para realizar dicho análisis se presentan en la Tabla 2.

Los resultados del análisis de costos de operación con base en las consideraciones generales presentadas en la Tabla 2, arrojaron que los costos de operación del edificio para un ciclo de vida de 30 años alcanzarían los \$7.296.301.437 [COP] a valores constantes del año 2011.

Tabla 1. Costos de construcción del Centro Ático – diseño original

Tipo de Costo	Valor [COP] ^a
Directos	20.011.950.528
Indirectos	1.889.557.921
Totales	21.901.508.449

^a Los valores mostrados corresponden a precios constantes de 2010

Tabla 2. Consideraciones generales para el análisis de los costos de operación del diseño original

Descripción	Valor
Consumo anual de agua [m ³]	6.323,5
Costo del agua [COP/m ³] ^a	2.178,9
Consumo anual de Energía eléctrica [kWh]	775.742
Costo de la energía eléctrica [COP/kWh] ^b	305,5
Incremento anual del costo de los servicios públicos [%]	2,5
Inflación promedio [%] ^c	2,7

^a Costo del m³ de agua a valores constantes del año 2011.

^b Costo del kWh de energía eléctrica a valores constantes del año 2011.

^c Inflación promedio del año 2010 al 2013 en Colombia.



3.2 Alternativas propuestas y costos asociados

Con el fin de obtener el incremento en los costos de construcción que se genera a causa de la implementación de la certificación LEED en un proyecto de edificación en Colombia, se plantearon diferentes tipos de estrategias que contribuyeron a que la edificación alcanzara el puntaje necesario para obtener el nivel de certificación LEED GOLD. Este conjunto de alternativas se denomina el “diseño modificado”. Estas estrategias tuvieron como principio conservar intacto el uso de la edificación, sus requerimientos técnicos y su concepto arquitectónico. Así mismo, deben constituir una solución viable en términos económicos.

Para el cumplimiento de los créditos contemplados en el manual LEED se establecieron alternativas de solución para cada uno de los siete capítulos que lo componen. En la Tabla

3 y Tabla 4 se presentan los incrementos económicos que traen consigo la aplicación de cada una de las estrategias planteadas, para alcanzar el nivel de certificación LEED GOLD, en los costos directos e indirectos del proyecto, en comparación con lo establecido en el presupuesto del diseño original del edificio.

Dentro de los costos indirectos mostrados en la Tabla 4, se incluyeron los incrementos económicos del diseño arquitectónico, hidráulico, eléctrico y de iluminación. Adicionalmente se tuvieron en cuenta los costos asociados al registro del proyecto, la revisión de los diseños y la construcción, y la expedición de la certificación y entrega de la placa por parte del USGBC según lo descrito por Mercado Alcalá (2012) y el USGBC (2011).

Tabla 3. Incremento económico de las estrategias para alcanzar la certificación LEED en el costo directo

Crédito LEED	Estrategia	Incremento económico [COP] ^a
SS4.2	Instalación de aparca bicicletas y construcción de duchas y vestieres	8.989.139
SS5.1 ; SS7.2 ; WE1 ; RP1	Reemplazo de zonas duras exteriores y jardinería existente por jardinería de especies nativas o adaptadas	41.396.977
SS6.1 ; WE1 ; ID1 ; RP1	Construcción de sistema de recolección de agua lluvia de cubierta	6.510.941
SS6.2	Construcción de sistema de filtro de lecho para aguas lluvias de cubierta	1.759.364
SS7.2	Reemplazo de concreto gris de placa de cubierta por concreto blanco	10.540.532
SS8.0	Instalación de sensores de ocupación y foto sensores, y cambio de luminarias de exterior	3.931.087
PR WE1 ; WE2 ; WE3 ; ID1 ; RP1	Reemplazo de aparatos sanitarios convencionales por aparatos de alta eficiencia	32.470.778
PR EA2 ; EA1 ; RP1	Colocación de aislamiento térmico en muros de fachada y cambio de luminarias convencionales a iluminación LED	64.344.881
EA5	Instalación de sistema de verificación de consumo eléctrico por subsistemas	45.894.440
MR2 ; RP1	Implementación de plan de gestión de residuos de construcción y demolición RCD	8.622.490
MR4 ; ID1	Elección de proveedores de acero, concreto y vidrio	0
IEQ1	Instalación de medidores de concentración de CO2 y tubos de Pitot	131.061.053
IEQ3.2	Implementación de plan de gestión de calidad del aire interior antes de la ocupación	31.626.039
IEQ4.2	Elección de proveedores de pinturas y epóxicos	0
Total		387.147.721

^a Los costos corresponden a valores constantes del año 2010.



Tabla 4. Incremento económico de las estrategias para alcanzar la certificación LEED en el costo indirecto

Crédito LEED	Estrategia	Incremento económico [COP] ^a
Capítulos SS ; EA ; MR ; IEQ ; ID ; RP	Contratación de diseño Arquitectónico	157.705.296
Capítulo WE ; ID ; RP	Contratación de diseño hidráulico	1.218.000
PR EA2 ; EA1 ; RP1 ; SS8.0	Contratación de diseño eléctrico e iluminación	5.231.453
PR EA2 ; PR IEQ1	Contratación de diseño de aire acondicionado	0
PR EA1 ; EA3	Contratación de servicio de commissioning	94.146.136
PR EA2 ; EA1 ; RP1	Contratación de servicio de simulación energética	22.415.750
MR2 ; RP1	Elaboración de plan de gestión de residuos de construcción y demolición RCD	2.241.575
PR IEQ1	Contratación de estudio local de la calidad del aire exterior	2.420.901
ID2	Contratación de servicios de profesional acreditado LEED AP	16.139.340
Todos los capítulos	Registro del proyecto ante el USGBC	2.400.000
Todos los capítulos	Revisión de los diseños por parte del USGBC	6.604.944
Todos los capítulos	Revisión de la construcción por parte del USGBC	2.201.648
Todos los capítulos	Certificación y entrega de la placa por parte del USGBC	800.000
Total		313.525.043

^a Los costos corresponden a valores constantes del año 2010.

Con base a los resultados presentados en la Tabla 3 y Tabla 4, el costo total de la implementación de la certificación LEED GOLD en el edificio Centro Ático es de \$700.672.765 [COP], a valores constantes de 2010, el cual corresponde a un aumento del 3.2% en el presupuesto total del edificio (ver Tabla 1). Este incremento representa un aumento de \$83.712 [COP]/m², distribuidos en \$46.254 [COP]/m² y \$37.458 [COP]/m² para costos directos e indirectos respectivamente.

3.3 Evaluación LEED del diseño modificado

Tras la implementación de las estrategias planteadas en el diseño modificado, se llevó a cabo nuevamente la evaluación LEED New Construction V3 2009 del edificio, obteniendo esta vez 66 de los 110 puntos posibles. Por lo tanto, a diferencia del diseño original, de construirse el edificio Centro Ático bajo su diseño modificado, éste lograría el nivel de certificación LEED GOLD V3 2009.

3.3.1 Consumo de agua y energía eléctrica del diseño modificado

De la misma forma que para el diseño original, se determinó el consumo total de agua y energía eléctrica del diseño modificado.

Los resultados indican que el diseño modificado de la edificación consume cerca de 3.623.255 litros de agua anualmente, siendo este valor un 42.70% menor respecto al consumo del diseño original con el que fue construido el edificio.

Así mismo, los resultados obtenidos tras efectuar la simulación energética del diseño modificado indican que el consumo de energía eléctrica anual es de 533.384 kWh, lo

que representa un ahorro del 31.24% respecto del consumo del diseño original de la edificación.

3.3.2 Costos de operación del diseño modificado

A pesar de los incrementos económicos causados por las estrategias para alcanzar la certificación LEED GOLD del proyecto, se obtuvieron importantes ahorros en los consumos de agua y energía eléctrica de la edificación. Por lo anterior, y al igual que para el diseño original, se realizó un análisis de ciclo de vida del edificio con el fin de determinar los nuevos costos de operación del proyecto asociados a dichos consumos. Las consideraciones generales para realizar dicho análisis son las mismas que para el análisis del diseño original, variando únicamente los consumos anuales de agua y energía eléctrica correspondientes a 3.623,3 m³ y 533.384 kWh, respectivamente.

Los resultados del análisis mencionado arrojaron que los costos de operación del diseño modificado del edificio para un ciclo de vida de 30 años alcanzarían \$4.970.840.418 [COP] a valores constantes del año 2011.

4. Análisis de resultados

4.1 Análisis de flujo de caja

Se realizó un análisis de flujo de caja durante todo el ciclo de vida de la edificación, a fin de determinar los indicadores de bondad económica causados por la implementación de la certificación LEED. Para dicho análisis se tuvieron en cuenta las consideraciones generales presentadas en la Tabla 5. Teniendo en cuenta que la PUJ es una entidad sin ánimo de lucro, se asumió que su costo de capital es igual al valor de la inflación.



Tabla 5. Consideraciones generales para el análisis de flujo de caja

Descripción	Valor
Ciclo de vida del edificio [años]	30
Inversión para conseguir la certificación LEED GOLD [COP]	700.672.765 *
Ahorro anual de agua [m ³]	2.700,2
Costo del agua [COP/m ³]	2.178,9
Ahorro anual de Energía eléctrica [kWh]	242.358
Costo de la energía eléctrica [COP/kWh]	305,5
Incremento anual del costo de los servicios públicos [%]	2,5
Inflación promedio [%]	2,7
Costo de capital de la PUJ [%]	2,7

* Valores constantes del año 2010.

Se consideró que el total de los ingresos anuales a causa de la implementación de la certificación LEED, será la suma de los ahorros obtenidos debido a la reducción en el consumo de agua y energía eléctrica, y que dichos ahorros se mantendrán constantes durante los 30 años correspondientes al ciclo de vida de la edificación (Fuller, 2010). Así mismo, se consideró que los egresos anuales estarían compuestos por:

- El valor de la inversión en el año 0.
- El abono al capital de la deuda desde la entrada en funcionamiento del edificio.
- El pago de intereses debidos al costo de capital de la PUJ.

Adicionalmente, se supone que la totalidad de los ingresos anuales entrarían a cubrir el pago de los intereses y a abonar la mayor cantidad de dinero posible hasta que se cancele la totalidad de la deuda a causa de la inversión realizada en el año 2010.

En la Figura 2 se presentan los flujos de caja de la inversión realizada para obtener la certificación LEED GOLD siguiendo los parámetros mencionados anteriormente.

Adicionalmente, en la Figura 3 se presenta el saldo acumulado de la inversión durante el ciclo de vida de la edificación.

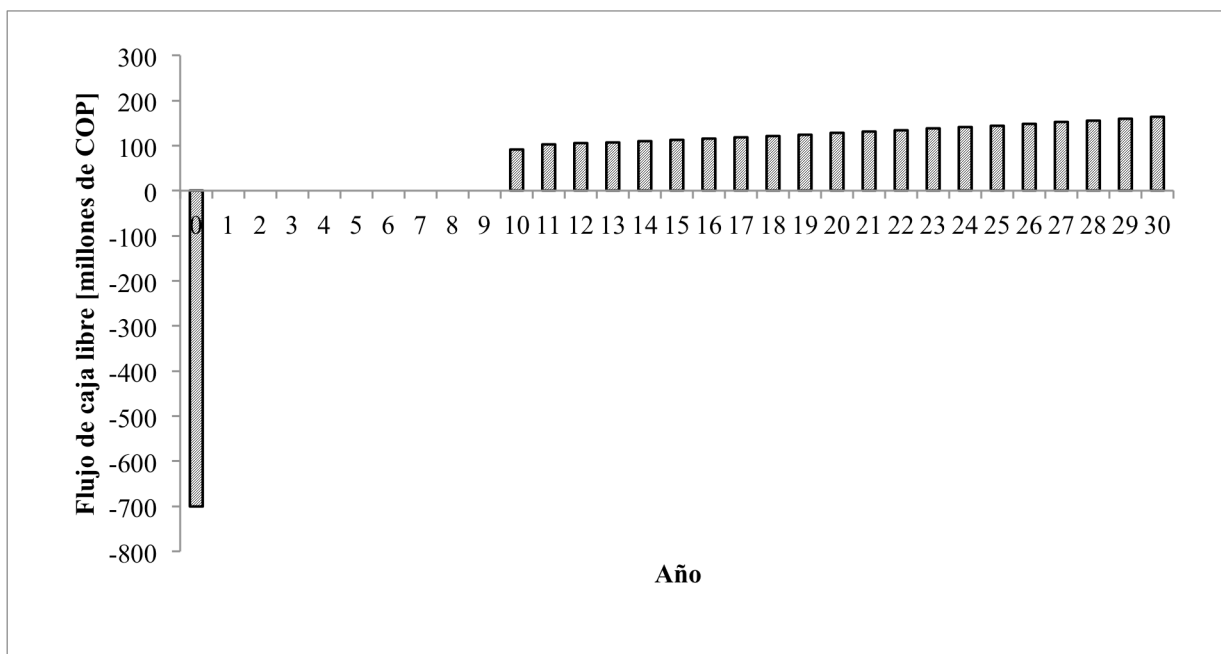


Figura 2. Flujos de caja de la inversión para obtener la certificación LEED GOLD



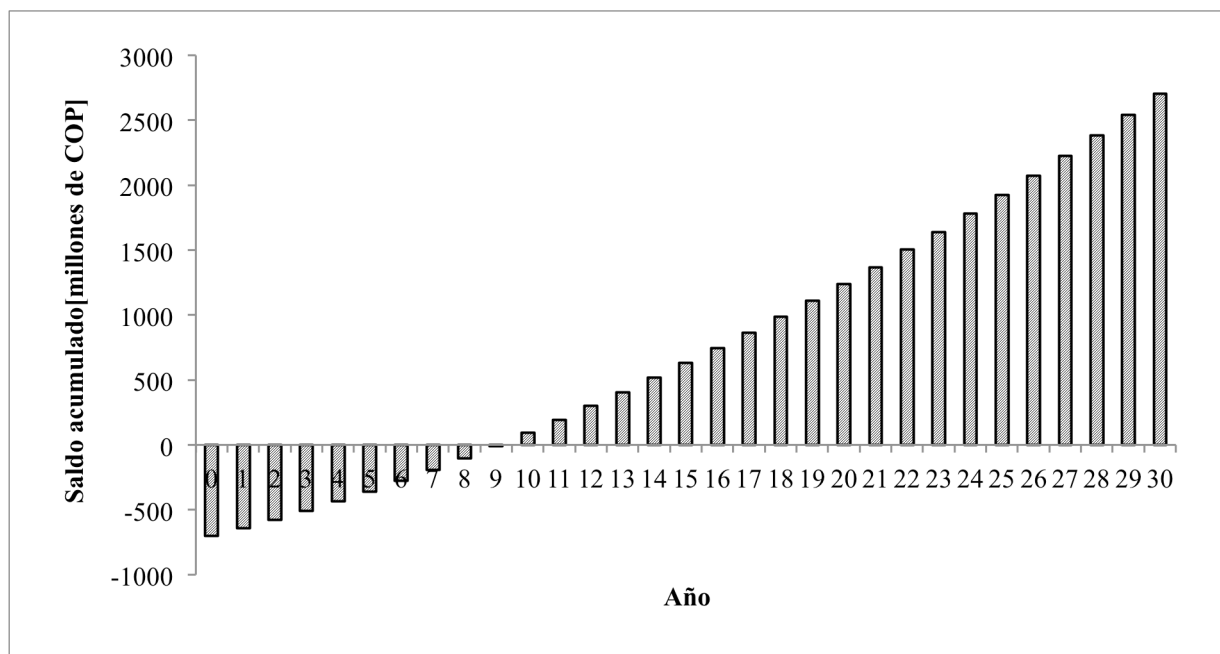


Figura 3. Saldo acumulado de la inversión

4.2 Indicadores de bondad económica

Teniendo en cuenta lo presentado en la Figura 2 y Figura 3, se realizó el cálculo de los indicadores de bondad económica para la inversión, los cuales se presentan en la Tabla 6.

Según la Tabla 6, el periodo en que se recupera la totalidad de la inversión para que el edificio Centro Ático alcance la certificación LEED GOLD es de 10 años, la tasa interna de retorno es del 7.1% y el valor presente neto en el ciclo de vida del edificio es de \$862.588.146 [COP] a valores constantes del 2010.

Según González Rodríguez (2011), un VPN mayor a la inversión es recomendable, igual es indiferente y uno menor no es conveniente. Así mismo, una TIR mayor al costo de capital del inversionista es recomendable, igual es indiferente y menor poco conveniente.

Teniendo en cuenta que:

- La TIR de 7.1% de la inversión es superior al 2.7% correspondiente al costo de capital de la PUJ.
- El total de capital invertido, a valores de 2010, fue de \$700.672.765 [COP] y el VPN de la inversión es de \$862.588.146 [COP].
- El tiempo de 10 años en que se recupera la inversión es aceptable para un ciclo de vida de 30 años (Cabas Rosado et al., 2011).

El costo de la implementación de las estrategias para que el edificio Centro Ático alcance la certificación LEED GOLD V3 2009 se considera una buena inversión.

Tabla 6. Indicadores de bondad económica de la inversión

Indicador	Valor
Tasa interna de retorno – TIR [%]	7.10
Valor presente neto – VPN [COP]	862.588.146 *
Periodo de retorno de la inversión Payback – [años]	10

* Pesos a valores constantes de 2010.



5. Conclusiones

El uso de programas de certificación de edificaciones sostenibles como LEED, no sólo trae consigo beneficios en términos de sostenibilidad a causa de grandes ahorros en los consumos de agua y energía eléctrica, sino que también disminuye de forma significativa los costos de operación durante el ciclo de vida de la edificación.

El costo de la inversión a causa de la implementación de la certificación LEED, en el edificio caso de estudio, corresponde a \$700.672.765 [COP], a valores constantes de 2010, y genera, como resultado de la disminución en los consumos de agua y energía eléctrica, un retorno de

\$862.588.146 [COP], a valores constantes de 2010, durante un ciclo de vida de 30 años. Esta inversión produce una disminución anual del 42.7% en el consumo de agua y 31,2% en el consumo de energía eléctrica.

Por lo anterior, se puede afirmar que de contemplarse las estrategias para el cumplimiento de los requisitos del manual LEED durante la etapa de diseño del edificio, éstas pueden no tener implicaciones importantes en el incremento económico, y por el contrario pueden representar reducciones de consumos en la etapa de operación del edificio, lo que constituiría a la implementación de la certificación LEED en una buena inversión.

6. Referencias

- Autodesk Green Building Studio [software] (2011)**, San Rafael, CA: Autodesk, Inc.
- Cabas Rosado G. A. y Garrido Barcenás M. C. (2011)**, Análisis comparativo de costos para un proyecto de hotel y oficinas LEED certificado 3.0-2009 en la ciudad de Bogotá. (Tesis de grado) Bogotá D.C.: Pontificia Universidad Javeriana.
- DANE (2013)**, Boletín de Prensa: Departamento de Administración Nacional de Estadística. Bogotá. <https://www.dane.gov.co>
- DANE (2014)**, Cuentas Trimestrales – Colombia Producto Interno Bruto (PIB). Cuarto trimestre de 2013 y total anual. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/pib/cp_PIB_IVtrim13.pdf
- Fuller S. (2010)**, Life-Cycle Cost Analysis (LCCA). National Institute of Standards and Technology (NIST) (on line). <http://www.wbdg.org/resources/lcca.php?r=blcc>
- González Rodríguez C. A. (2011)**, Análisis de costos de operación y mantenimiento en edificio de oficinas con parámetros LEED implementados. (Tesis de Máster). Bogotá D.C: Universidad de los Andes.
- Kriss J. (2014)**, What is green building? US Green Building Council (on line). <http://www.usgbc.org/articles/what-green-building>
- Mercado Alcalá Y. (2012)**, Edificación sustentable. (Tesis de grado) México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México
- Revit LT [software] (2014)**, San Rafael, CA: Autodesk, Inc.
- USGBC (2009)**, Water use reduction additional guidance, Version 7. U.S. Green Building Council
- US Green Building Council (USGBC) (2011)**, LEED Green Building Certification System. <http://www.usgbc.org/>

