

VIABILIDAD FINANCIERA DE UN PROYECTO DE VIVIENDA SOSTENIBLE PARA ARRIENDO COMPARADO A UN PROYECTO DE VIVIENDA EN ARRIENDO CONVENCIONAL EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ

Jeison O. Delgado, Hector D. Salazar, Federico A. Núñez, Elkin Y. García.

INFORMACIÓN DEL ARTICULO.

Historia del Artículo:

Recibido el d-m-a.

Aceptado el d-m-a.

Disponible en línea el d-m-a.

Palabras Clave:

Construcción Sostenible.

Análisis Económico.

Arriendo.

Edificio Verde.

Análisis Costo-Beneficio.

Eficiencia Energética.

RESUMEN.

Los altos niveles de contaminación a los que está expuesto el planeta y las consecuencias de estos generan la necesidad de desarrollar estrategias que mitiguen el daño ambiental. Teniendo en cuenta que uno de los sectores que produce mayor contaminación es el de la construcción, el cual consume una gran cantidad de recursos naturales y emite gases de efecto invernadero (GEI), se deben establecer medidas que mitiguen estos daños, por tal razón surge la estrategia de la construcción sostenible que ayuda a disminuir dichos impactos.

Adicionalmente, debido a la alta demanda de vivienda que se presenta en Colombia, se genera el incremento de construcciones, lo cual aumenta el impacto ambiental, es decir que estos son factores directamente proporcionales. Por esta razón, se plantea desarrollar una solución que sea amigable con el medio ambiente y a su vez contribuya a la solución de los problemas de déficit de vivienda particularmente en la ciudad de Bogotá, (Colombia). Dicho esto, el objeto de la presente investigación es realizar un análisis de viabilidad financiera comparando un proyecto de vivienda convencional respecto a un proyecto de vivienda sostenible, con el fin de plantear un modelo de negocio tipo arriendo que sea lo suficientemente rentable para el constructor y beneficioso para el arrendatario y así mismo contribuya de manera directa a la implementación de proyectos sostenibles.

De acuerdo a los resultados obtenidos y sus respectivos análisis se concluyó que aunque el costo de un edificio sostenible es 2.8% más elevado que el de un edificio convencional, cada uno cumpliendo con todas las normas y requisitos, este sobre costo se puede recuperar mediante los ahorros de energía y agua en el tiempo de servicio.

1. Introducción.

La capacidad de construir manteniendo un ambiente sano, empleando los recursos de la manera más eficiente y teniendo en cuenta principios ecológicos se define como sostenibilidad en la construcción (C. J. Kibert 2016). Con el fin de aportar al medio ambiente, en los últimos años se han implementado diferentes alternativas para mitigar el cambio climático, siendo una de ellas la construcción sostenible, definida anteriormente (Medl, Stangl, and Florineth 2017), la cual marca una diferencia representativa dado que según el consejo americano de construcción sostenible (por sus siglas en inglés U.S Green Building Council USGBC), la construcción sostenible puede generar ahorros de energía y agua que promedian del 20 al 30 por ciento, satisfaciendo necesidades del presente y el futuro, tales como general valor y bienes necesarios para la población y a futuro reduciendo los efectos negativos de la construcción (Brundtland 1987).

Por otra parte se presenta una problemática a nivel mundial, el déficit de vivienda, en lugares como América Latina y la región del Caribe donde la vivienda propia es costosa. Algunas fuentes sugieren que la proporción entre precio e ingreso puede ser hasta tres veces mayor que en Estados Unidos. El Caribe es la segunda región más urbanizada del planeta, se prevé que para el año 2050 el 90% de la población vivirá en ciudades, lo que representa un gran desafío para dar solución a este problema (Banco Interamericano de Desarrollo (BID) 2017).

Con respecto a Colombia se presenta un déficit de vivienda, la tasa de arriendo de viviendas es del 40%, siendo esta la más alta de América Latina y el Caribe. Uno de cada tres hogares alquila su vivienda (Cibils 2014), para el caso específico de Bogotá se tiene que el 45,8% de las viviendas son en arriendo (DANE 2018). Por esta razón, es necesario plantear una solución de vivienda digna que permita cubrir el déficit habitacional teniendo en cuenta el mercado del arriendo y a su vez que contemple los beneficios de la construcción sostenible.

Para ofrecer una solución al déficit de vivienda y al problema ambiental, a nivel mundial está surgiendo una medida que usa lo mejor de la construcción sostenible en beneficio del arriendo, la cual es llamada GREEN LEASE o arriendo verde en español, que proporciona un beneficio tanto para el propietario como el inquilino, donde se pueden lograr y mantener la eficiencia energética y otros objetivos de sostenibilidad a lo largo del plazo del arrendamiento (Council of Australian Governments. 2012). Esta medida ya se encuentra implementada por completo en Australia, y avanzada en otros países de Europa, principalmente en Reino Unido y Francia (CMS Legal Services EEIG 2013).

Con este documento se busca plantear un modelo financiero que permita determinar la viabilidad de un proyecto de vivienda sostenible para arriendo versus un proyecto de arriendo

convencional, proporcionando una posibilidad lo suficientemente rentable para el constructor, partiendo de los precios de arriendo del mercado de Bogotá y así mismo de los

análisis de consumo de energía y agua obtenidos mediante modelos probabilísticos y software de análisis.

2. Estado del Arte y Antecedentes.

2.1 Construcción Sostenible.

El término de construcción sostenible se encuentra ligado al desarrollo sostenible ya que se basa en los mismos principios (Desarrollo económico, Social y Conservación ambiental). Una definición apropiada para esta investigación es:

- Según (Martínez 1996): “La Construcción sostenible, que debería ser la construcción del futuro, se puede definir como aquella que, con especial respeto y compromiso con el Medio Ambiente, implica el uso sostenible de la energía.

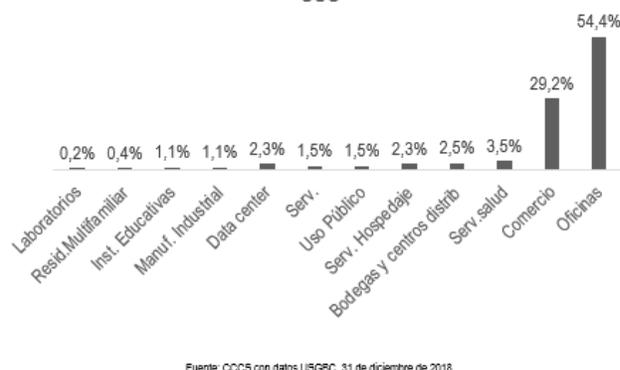
2.1.1 Construcción sostenible en Colombia.

En la actualidad, en promedio todos los días, aproximadamente 170.000 metros cuadrados brutos (MCB) de espacio logran la certificación LEED en más de 162 países y territorios en todo el mundo (USGBC 2018). El territorio colombiano no es un país ajeno a la adopción de este tipo de metodologías enfocadas a la construcción de proyectos sostenibles. Según el Consejo Colombiano de la Construcción Sostenible (CCCS 2019) para Diciembre 31 de 2018, 151 proyectos se han certificado en LEED y 223 se encuentran en proceso. De igual manera a diciembre de 2018, en el territorio colombiano se han certificado 2,3 Millones de metros cuadrados de espacio sostenible para diferentes tipos de uso y 3,9 Millones de metros cuadrados de espacio se encuentran en procesos de certificación. A continuación, la Figura 1 muestra el porcentaje de proyectos certificados por tipo de uso, siendo la residencia multifamiliar poco certificada con un 0.4% de certificación de proyectos tipo LEED.

2.2 Indicadores de bondad Financiera.

El término de construcción sostenible se encuentra ligado al desarrollo sostenible El objetivo básico financiero de un proyecto o empresa es generar ingresos, eficiencia en el uso de sus recursos y la reducción de sus costos, una forma de medir si el objetivo financiero de un proyecto se está cumpliendo es mediante el análisis del flujo de caja, el cual permite conocer si se repone el capital de trabajo, se atiende el servicio de la deuda, se reponen los activos fijos, y se reparten las utilidades de acuerdo a las expectativas del inversionista o socio (García S. 2009), Según (Ross, Westerfield, and Jaffe 2005) el flujo de caja se puede definir en tres tipos:

PORCENTAJE DE PROYECTOS CERTIFICADOS POR USO



Fuente: CCCS con datos USGBC, 31 de diciembre de 2018.

Figura 1 Proyectos certificados por tipo de uso.

Teniendo en cuenta que Colombia ya está realizando diferentes proyectos en beneficio de la construcción sostenible, el gobierno con el objetivo de establecer metodologías enfocadas a la sostenibilidad, el 10 de julio de 2015, dio a conocer la resolución 0549/15 “Guía para el ahorro en agua y energía en edificaciones del Ministerio de vivienda, ciudad y territorio”, la cual establece los porcentajes de ahorro de agua y energía en edificaciones nuevas de la ciudad (CCCS 2019). Con la implementación efectiva de la norma, todas las edificaciones nuevas ahorrarán un 20% en energía y un 30% en agua. De igual manera, 2,84 Millones de nuevos hogares a 2050 en la ciudad de Bogotá podrán cubrir su demanda en agua y energía de forma eficiente (CCCS 2019).

De esta manera, bajo la correcta implementación de la resolución, la ciudad de Bogotá aportará al cumplimiento del compromiso internacional de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociados con el Acuerdo de París y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (CCCS 2019).

- FLUJO DE CAJA DE ACTIVIDADES COOPERATIVAS:** También llamado flujo de caja libre es el flujo de caja que proviene de las actividades operativas y parte de la utilidad neta.
- FLUJO DE CAJA DE INVERSIÓN:** Este proviene como su nombre lo dice de inversiones, es decir que se refiere a los cambios que muestran los activos de capital: la adquisición y las ventas de activos fijos.
- FLUJO DE CAJA DE LAS ACTIVIDADES DE FINANCIAMIENTO:** Flujos de caja de y hacia los acreedores y los propietarios implican cambios en el capital contable y en las deudas.

Por otra parte para el análisis de viabilidad de un proyecto es necesario analizar la tasa interna de retorno TIR y el costo de capital, puesto que si la TIR es mayor al costo de capital, se dice que el proyecto es financieramente viable (García S. 2009). Sin embargo, esto no basta como indicador de que la inversión está cumpliendo con sus objetivos financieros, razón por la cual es necesario conocer el dinero que puede generar a perpetuidad por medio de un valor residual (Aguilar et al. 2006), y así se pueda afirmar que la inversión de recursos en proyectos tiene como propósito un incremento en los flujos de caja libre de la empresa. Para así finalmente establecer el presupuesto de capital de un proyecto (García S. 2009).

2.3 Building Information Modelling (BIM).

BIM no es un software de modelación tridimensional (3D), es una metodología que permite el desarrollo de proyectos que mejora la coordinación, genera menos costos y perfecciona el producto a entregar (Wiley 2016). Esta metodología consta de siete (7) dimensiones desarrolladas a lo largo de un proyecto mostrados en la Figura 2.

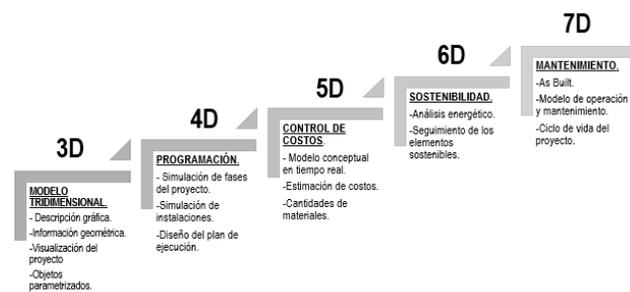


Figura 2 Proyectos certificados por tipo de uso (Eastman, Teicholz, and Sacks 2012).

La primera dimensión dentro de la metodología BIM es la relacionada a la modelación tridimensional, esta abarca los modelos geométricos con elementos paramétricos, es decir un modelo a detalle que puede ser visualizado mediante animaciones y renders. La siguiente es la dimensión 4D en esta se incluye la programación del proyecto y se busca poder simular las fases constructivas que tendrá. La tercera fase es la dimensión 5D, que comprende los presupuestos y cantidades de obra, incluyendo la estimación de costos y fabricación de materiales. La dimensión 6D desarrolla el diseño y desempeño energético. Finalmente, la dimensión 7D incluye planes de operación, mantenimiento y gestión de activos (Wiley 2016).

Para poder implementar cada una de las dimensiones de la metodología BIM, existen diferentes tipos de softwares para el modelo de información desarrollados por diferentes empresas tales como Graphisoft, Nemetchek, Autodesk entre otros. La empresa Autodesk Inc dedicada al desarrollo de software de diseño en 2D y 3D para las industrias de manufactura, infraestructura y construcción fundada en 1982 (Picó 2008). Esta cuenta con un paquete de softwares de diseño entre los más destacados AutoCAD, Revit (Architecture, Structure, Mechanical

and Plumbing), Navisworks Manage, Green Building Studio, e insight.

2.3.1 Autodesk Green Building Studio (GBS).

Autodesk Green Building Studio® (GBS), es un software en la nube de análisis energético el cual es compatible con Autodesk Insight 360, Autodesk Revit entre otros, que permite realizar simulaciones del rendimiento energético con el fin de optimizar en el proceso de diseño (Autodesk 2019). A su vez, esta herramienta BIM permite el diseño de alternativas de eficiencia de energía, análisis de la huella de carbono durante las etapas de construcción. El análisis detallado de energía natural mediante el uso de bases de datos meteorológicas disponibles en la ubicación del proyecto, estimación del consumo de energía y sus respectivos costos para un periodo de tiempo determinado teniendo como base líneas base establecidas en códigos internacionales como lo es ASHRAE 90.1 (ASHRAE 90.1 2016).

2.4 Descripción del Proyecto.

El proyecto que se va a usar en la presente investigación tiene como objeto de estudio un edificio proyectado en la localidad de Kennedy en la ciudad de Bogotá, con un área construable de 176 m² para estrato tres (3). El edificio consta de cuatro (4) pisos distribuidos de la siguiente manera, el primer piso dispuesto para locales comerciales y los restantes residenciales. Los pisos residenciales están conformados por tres apartamentos de áreas en promedio de 44 a 57 m². A continuación, en la Figura 3 se muestra la distribución de cada área de apartamento del proyecto objeto de estudio.

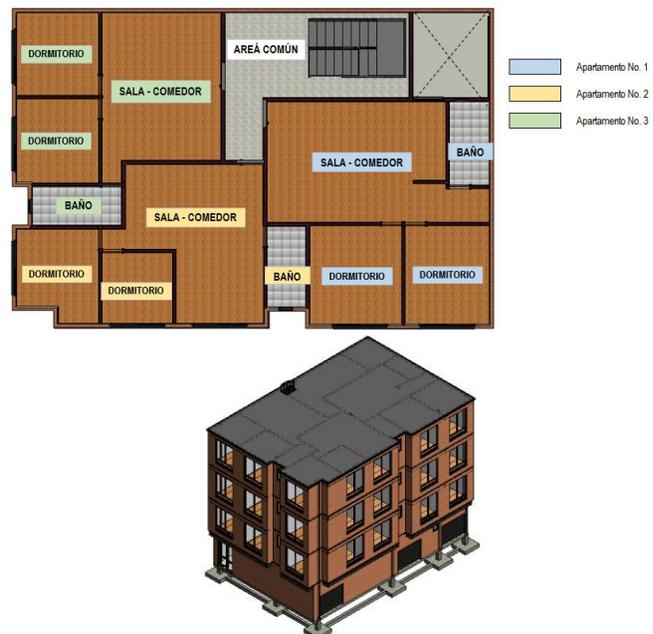


Figura 3 Distribución de cada área de apartamento.

El sistema estructural del edificio cuenta con estructura metálica tanto para columnas, vigas y entrepiso, cimentación superficial en zapatas de concreto, muros en mampostería y cubierta a cuatro (4) aguas.

El sistema estructural está conformado por los siguientes elementos:

- Zapatas: concreto de 3000 psi y acero de refuerzo de 60000 psi.
- Vigas de amarre: concreto de 3000 psi y acero de refuerzo de 60000 psi.
- Losas de contrapiso: concreto de 3000 psi y malla electrosoldada Q-8.
- Columnas y Vigas: Acero Estructural ASTM A-36.
- Placa de entre piso: Lamina Colaborante Stell Deck 2" cal 22.
- Muros: Concreto de 3000 psi y mampostería en ladrillo prensado.

3. Metodología.

En esta sección se planteó una metodología basada en un método deductivo para finalizar con un método comparativo que permite desarrollar los objetivos mencionados en las secciones anteriores. Se realizó una recopilación de datos tales como; consumos de agua y energía, análisis de precios unitarios, valores de arriendo de viviendas residenciales (apartamentos) de estrato tres, equipamiento con componente de sostenibilidad, estos datos se basaron en la oferta disponible del mercado. Apoyados en la información suministrada por la empresa privada participe de esta investigación, se elaboró un modelo paramétrico en el software Revit que incluyó la dimensión de sostenibilidad. Por otra parte, se desarrolló un modelo financiero en función del precio de arriendo, además, ahorros de agua y energía. Finalmente se integraron los resultados del modelo paramétrico con el modelo financiero obteniendo la viabilidad de un modelo de vivienda sostenible comparado con una convencional, en un periodo de tiempo determinado.

3.1 Recopilación de información:

Los datos recopilados tienen como origen la oferta disponible en el mercado, debido a que los proyectos de construcción de vivienda tienen particularidades que lo hacen único para cada caso en específico. Estos datos son especialmente para la ciudad de Bogotá, y en particular los datos de energía y agua son de los últimos 5 años.

A continuación, se enuncian cada uno de los datos recopilados y su forma de obtención:

- **Promedio de precios de vivienda de arriendo:** se realizó una búsqueda de los precios de arriendo en la ciudad de Bogotá, usando la información disponible en www.metrocuadrado.com, página que cuenta con una base

de datos de precios de arriendo para esta ciudad, para la búsqueda se delimitaron únicamente apartamentos en la ciudad de Bogotá, en la localidad de Kennedy y en el estrato 3, definidos previamente, así como únicamente apartamentos de 40 m² a 60m², se recopiló 30 datos que cumplen con los parámetros anteriormente definidos. Enseguida se procedió a encontrar el valor por metro cuadrado de arriendo de apartamento usando la siguiente fórmula:

$$\text{Precio } (\$/m^2) = \frac{\text{Promedio de Precios de Vivienda}}{\text{Promedio de metros cuadrados}}$$

Ecuación 1 Precio de arriendo por metro cuadrado.

- **Tarifas de agua y energía en Bogotá:** usando la información disponible en las entidades del Acueducto y Codensa, empresas encargadas del suministro de agua y energía en la ciudad de Bogotá, se logró recopilar el histórico de tarifas por mes desde el año 2012 al 2018 para agua y 2013 al 2018 para energía, con esta información y usando estadística, se encontró una fórmula que se ajusta a los datos encontrados, y permite proyectar las tarifas de agua y energía para el periodo requerido de 5 a 10 años.

- **Análisis de Precios Unitarios (APUs):** para la recopilación de los APUs, se realizó una base de datos de 78 diferentes APUs construidos por los autores, basados en los encontrados en las bases de datos de entidades del sector público de la ciudad de Bogotá (IDRD, SED, INVIAS), y en los datos en contratos en revistas especializadas en la construcción como Construdata, así como los valores de insumos encontrados en el mercado disponible.

3.2 Definición de porcentajes mínimos de ahorro y agua:

Esta definición se realizó basados en el decreto 0549 del 2015 del ministerio de vivienda nacional, el cual establece que para una edificación sea considerada aceptable en términos de ahorro de agua y energía en una vivienda NO Vis, y en el clima frío como Bogotá, debe cumplir con ahorros de energía y agua del 25% para cada uno.

3.3 Análisis de equipamientos y herramientas de ahorro y energía:

basados en la literatura y la asesoría de profesionales especializados en el tema de construcción sostenible y viviendas inteligentes, se identificaron equipamientos como lámparas, paneles solares, tanques, y sistemas de recuperación de aguas servidas que permiten cumplir los ahorros de energía y agua.

3.4 Estructuración de modelo BIM:

Basados en los planos entregados por la empresa SOLIUN SAS (empresa asociada a la investigación), se construyeron dos modelos en el software Revit®, uno para el edificio tradicional y el otro sostenible en las etapas arquitectónicas, estructurales, hidrosanitarias y de energía, los cuales fueron efecto de un

análisis energético y de consumo de agua. A continuación, en la Figura 4 a la Figura 6 se muestra cada una de las etapas del proyecto modeladas en el software Revit®.

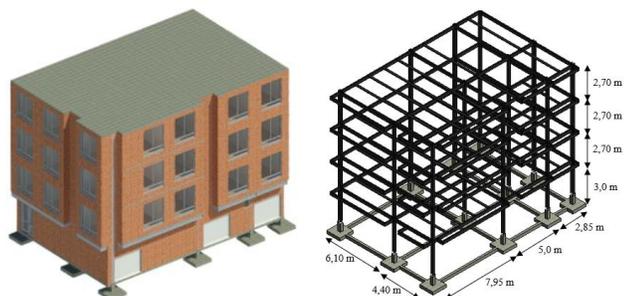


Figura 4 Modelo BIM Arquitectónico - Estructural- Proyecto convencional y sostenible.

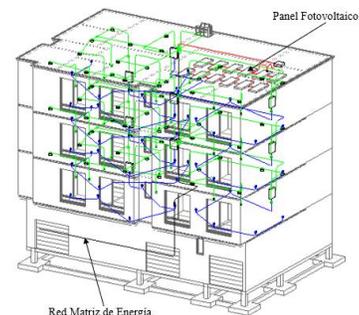
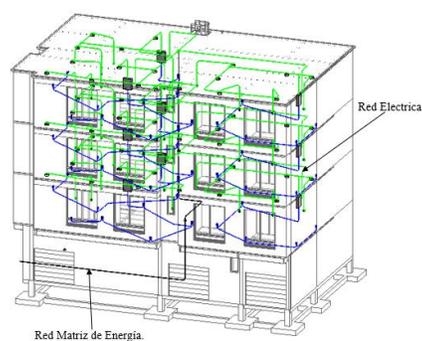


Figura 6 Modelo BIM Eléctrico- Proyecto convencional y sostenible.

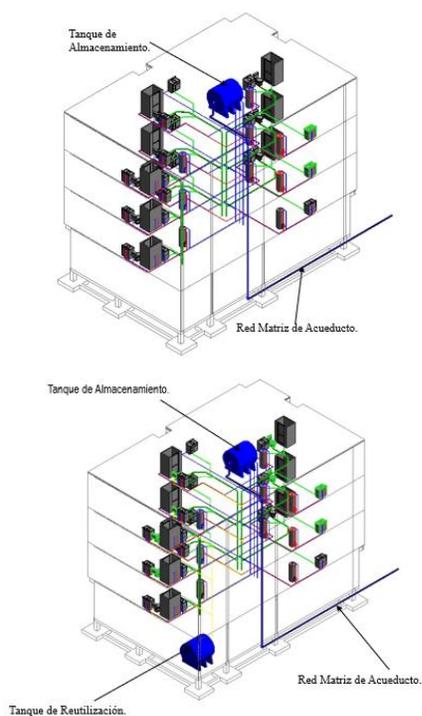


Figura 5 Modelo BIM Hidráulico- Proyecto convencional y sostenible.

3.5 Cantidades de obra, reportes del consumo de agua y energía y presupuesto de los tipos de vivienda: con la modelación de los modelos BIM se obtuvieron reportes de consumo de agua y energía, así como las cantidades de obra, que sirvieron para la estructuración del presupuesto de obra usando los APU previamente recopilados.

3.6 Construcción de modelo financiero de costo de capital:

3.6.1 Elaboración de modelo financiero

3.6.1.1 Línea Base.

Una vez obtenidos el costo total de la construcción convencional y sostenible, se procedió a la elaboración del modelo financiero, primero con una línea base que recoge todas las variables obtenidas en la recopilación de datos, en este apartado encontramos las áreas de cada apartamento, los consumos de agua en m^3 y energía en kWh-mes, así mismo se encuentra el precio de arriendo por metro cuadrado definido anteriormente y las tarifas de energía y agua para el año 2018. Adicional se decidió que el precio de arriendo obtenido anteriormente incluiría los servicios públicos de agua y luz, con el fin de que más adelante se pudiera analizar si la aplicación de metodologías sostenibles permite reducir el precio de arriendo que incluye servicios. Por otra parte, se encuentran los porcentajes de ocupación del edificio, estos determinados a partir de la de incidencia de cada apartamento en el total del edificio, es decir que por

ejemplo un apartamento de 45m² tiene una incidencia en el total de área arrendable del 10%, por lo que si este apartamento no es arrendado la ocupación del edificio será del 90%, y así dependiendo el apartamento que se considere sin ocupación.

3.6.1.2 Costos y créditos

En esta sección se realizó el análisis de la forma en la que se financiara el proyecto. Se consideraron dos formas de financiar el proyecto, las cuales fueron: aporte de capital del inversionista (K_e) y dinero de crédito a bancos (K_d). Con el fin de estudiar la variabilidad y el impacto de la forma de financiación del proyecto, se optó por dejar como variables la tasa de interés efectivo anual, plazo en años del crédito y porcentaje de aporte de crédito y capital propio.

Para el cálculo del pago del crédito por año se consideró una cuota fija, la cual se calculó usando la Ecuación 2. Esta cuota incorpora anualmente el pago de intereses y abono a capital, inicialmente mayor aporte a intereses, de modo que va disminuyendo el aporte a intereses y aumentando el abono a capital conforme van pasando los años, sin aumentar ni disminuir la cuota del crédito que se paga por año (Aguilar et al. 2006).

$$C_f = Vc * \left[\frac{i * (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

Ecuación 2 Cuota fija.

Dónde:

C_f= Cuota fija.

V_c= Valor del crédito.

i= Interés de la deuda.

n= Plazo en años del crédito.

Por otra parte, en esta sección se incluyó el costo de la construcción del proyecto bien sea convencional o sostenible, según aplique y se tiene en cuenta el valor del lote el cual fue definido por la empresa privada (SOLIUN S.A.S) en \$350.000.000, y un valor de venta de los 3 locales que hacen parte de la edificación por un valor de \$185.500.000, para así determinar el costo total del proyecto que será financiado como se describió anteriormente.

3.6.1.3 Ingresos y egresos de operación.

Una de las secciones más importantes en el flujo de caja de un proyecto son los ingresos y egresos que este produce. En el presente trabajo de investigación se agruparon los ingresos como los producidos por los arriendo obtenidos anualmente por los apartamentos del edificio, estos fueron calculados mediante la multiplicación del precio promedio de arriendo obtenido anteriormente, por el área arrendable de

cada apartamento, aumentando el valor del precio promedio por año de acuerdo a la variación promedio de los últimos 9 años de IPC la cual fue del 3.67%, para así poder proyectarlo en el flujo de caja. Además, se tiene en cuenta como ingreso el pago de administración (30% de los gastos totales) para el sustento del edificio por parte de los arrendatarios, que corresponde a un porcentaje de los costos administrativos del proyecto.

Por otra parte, los egresos del proyecto están compuestos por los costos del consumo de agua y energía, así como los gastos administrativos del edificio que son asumidos por el dueño del proyecto, estos gastos administrativos se componen de impuestos, seguros, servicios públicos, limpieza, aseo y mantenimiento (el cual incluye el mantenimiento de todo el edificio y la reparación o recompra en 4 años de los aparatos sostenibles, tales como cambio de tuberías, tanques y paneles solares), en el presente trabajo de investigación se asume que el dueño del proyecto asume el 70% de los costos mientras que los arrendatarios el 30%.

3.6.1.4 Flujo de caja libre y del inversionista

Una vez recopilada toda la información de financiación del proyecto, ingresos y egresos, se procedió a realizar los flujos de caja del proyecto, primero se calculó el flujo de caja libre (FCL), el cual se compone de los ingresos (arriendo y cuotas de administración), egresos operacionales (gastos operacionales, costos de consumos de agua y luz) y egresos de deuda (crédito) (García S. 2009). El cálculo del flujo de caja libre se calcula usando la Ecuación 3, y describe el dinero que genera el proyecto antes de impuestos.

$$FCL = Ingresos - Egresos operacionales - Egresos de deuda$$

Ecuación 3 Flujo de caja libre.

Ahora bien si al flujo de caja se le resta los impuestos que se deben pagar y para el caso de Colombia es del 33% de impuesto de renta (DIAN 2018), queda el dinero para reponer el capital del inversionista, esta operación se conoce como el flujo de caja del inversionista (FCI) (García S. 2009), el cual se describe en la Ecuación 4. Sin embargo, el valor del impuesto de renta se aplicó al restante entre ingresos y egresos operacionales, restando de los intereses más la depreciación del proyecto, teniendo en cuenta que de ser negativa o cero esta operación el valor del impuesto será cero (Ecuación 5), por lo que el flujo de caja libre será igual al flujo de caja del inversionista en este caso.

$$FCI = FCL - Impuestos$$

Ecuación 4 Flujo de caja del inversionista.

$Impuestos = 33\% * [(Ingresos - Egresos) - (depreciacion + intereses cred.)]$
Ecuación 5 Flujo de caja del inversionista.

Estos flujos de caja se realizaron año a año y en el caso del presente trabajo de investigación se formuló usando los incrementos de precios de arriendo, tarifas de energía y agua descritos anteriormente, lo que permitió obtener los flujos de caja hasta el año 30 dependiendo el caso. Por otra parte con el fin de analizar si el proyecto es aceptable, se procedió a calcular la TIR (Tasa interna de retorno efectiva anual) dado que si esta es mayor al costo de capital (K_e) se puede decir que el proyecto es aceptable (García S. 2009).

Debido a que el proyecto representa un periodo de operación que tiende al infinito, (no dejara de operar a menos que sea vendido o la ocupación total del edificio sea de cero) y como el modelo financiero únicamente puede representar los flujos hasta el año 30, se hizo necesario encontrar la forma de traer los flujos de caja de los años futuros al año que se requiriera, con el fin de encontrar un aproximado de ingresos totales que pueda obtener el inversionista en el proyecto. Una forma adecuada de representar el valor de los flujos de caja futuros en el presente, es mediante el valor residual, que es una progresión geométrica crece a un ritmo de g , como se observa en la Ecuación 6 (Aguilar et al. 2006).

$$Vr = \frac{Fa * (1 + g)}{WACC - g}$$

Ecuación 6 Valor residual.

Dónde:

Vr = Valor residual.

Fa = Flujo de caja del año anterior.

g = Tasa de crecimiento.

$WACC$ = Costo promedio ponderado de capital.

El cálculo del $WACC$ se detalla en la Ecuación 7 y es la tasa de descuento que se utiliza para descontar los flujos de caja futuros a la hora de valorar un proyecto de inversión (Aguilar et al. 2006).

$$WACC = Kd * \%Kd * (1 - t) + Ke * \%Ke$$

Ecuación 7 Calculo del $WACC$.

Dónde:

$WACC$ = Costo Promedio ponderado de capital.

Kd = Tasa de interés del crédito efectivo anual.

$\%Kd$ = proporción de crédito en comparación con el costo del proyecto.

t = Impuestos aplicables (33%).

Ke = Costo de capital del inversionista.

$\%Ke$ = proporción de aporte del inversionista en comparación con el costo del proyecto.

Por último, el modelo financiero permitió que con el cálculo del valor residual (Vr) se lograron traer los flujos de caja en el infinito al año de estudio. En la Ecuación 8, se puede observar que al restar el valor de la deuda se puede conocer el valor final que recibe el inversionista por invertir en el proyecto, lo que permitió conocer si el proyecto era viable para el inversionista en términos de dinero recaudado.

$$V.I = Vr - Vd$$

Ecuación 8 Valor final que recibe el inversionista.

$V.I$ = Valor final en dinero que recibe el inversionista por invertir en el proyecto.

Vr = Valor residual.

Vd = Valor de la deuda al año del cálculo del valor residual.

Finalmente, el modelo financiero permitió analizar la viabilidad del proyecto desde la tasa interna de retorno (TIR) efectiva anual y la capacidad de generar utilidad al inversionista, basados en los ingresos por arriendo, gastos de consumos de agua y energía, y la forma de financiamiento del proyecto.

3.7 ARTICULACIÓN DE MODELOS FINANCIERO Y BIM

3.7.1 Obtención de consumos de energía y agua

3.7.1.1 Consumo de Agua

Las cadenas de Markov representan un método probabilista que es usado para predecir los comportamientos de ocupación de las personas en un hogar, esto con el fin de obtener los consumos de energía (Widén, Nilsson, and Wäckelgård 2009; Muratori et al. 2013; Flett and Kelly 2016a). Las cadenas de Markov permiten determinar el estado de ocupación en un tiempo t (Flett and Kelly 2016b), por tal razón en el presente trabajo se realizó un análisis de consumos de agua a partir de cadenas de Markov, para esto se definieron los estados que se requerían analizar para poder predecir los consumos de agua. Los tres estados planteados para esta investigación; 1) Ausente, 2) presente activo, 3) presente e inactivo están basados en lo trabajo por (Widén, Nilsson, and Wäckelgård 2009), de esta forma se planteó que la persona podía estar ausente, en el hogar pero no usando los aparatos hidráulicos o en el hogar y usándolos.

Así pues, con el programa de Matlab y las cadenas de Markov se obtuvieron las probabilidades de que un aparato fuera usado por cualquier persona en el edificio cada hora desde las 5:00 am hasta las 9:59 pm. Una vez encontrada la probabilidad de que un aparato fuera usado en cierta

franja horaria, usando la Ecuación 9 se obtuvieron los minutos que se usaba cada aparato en el transcurso de cada hora.

$$\text{Min. de uso por hora} = p_2(e) * 60\text{min.}$$

Ecuación 9 Minutos de uso de un aparato por hora.

Luego usando el modelo de Markov para cada aparato se calculó el tiempo de uso de estos desde las 5:00 am hasta las 9:59 pm, una vez simulados los minutos que cada aparato era usado por día, se procedió a calcular cuántos m³ de agua se usaban por día. Dado que se conocen los aparatos hidráulicos que existen en cada apartamento, y se asume que no se disminuirán o aumentaran, la NTC 1500 (Norma Técnica Colombiana 2017) especifica el caudal mínimo para que el aparato cumpla con la presión requerida por la norma, la NTC 1500 especifica el caudal mínimo que debe tener cada aparato y a su vez calcula el consumo en m³, puesto que se multiplican los minutos de uso encontrados anteriormente por el caudal en metros cúbicos por minuto. Cabe aclarar que en la versión 2017 (Tercera versión) de la NTC 1500 no se tiene lavadora y el equipamiento de inodoro es de 23 L/min, mientras que, en la segunda versión de esta, si tiene el equipamiento de lavadora, y el caudal de inodoro es de 57 L/min, por lo que en el presente trabajo de investigación se tomaron los caudales de la segunda versión de la norma para los equipamientos de lavadora e inodoro.

Por otra parte con el fin de validar los datos obtenidos de consumos de agua, se procedió a calcular los consumos de agua del edificio de acuerdo a la línea base del resolución 0549-2015 (Minvivienda 2015), esta resolución contempla que para vivienda no VIS, el consumo en litros por persona al día es de 145.4 Lt/per/día para clima frío, y debido a que el análisis del modelo de Márkov se asumió que el edificio tiene su máxima capacidad, es decir un total de 36 personas (4 personas por 9 apartamentos), es decir que si se multiplica el total de personas (36) por los consumos de la línea base del decreto, se tendrá el total de consumo al día para el edificio, dando como resultado 5234 Lts/día en el edificio, que es lo mismo que decir 5.23 m³/día de consumo, que es 0.233 mayor que lo encontrado en el análisis de Márkov, es decir un 4.3% de diferencia, por lo que podemos afirmar que los consumos simulados a partir de las cadenas de Márkov no varían mucho en comparación con la línea base de la norma.

Ahora bien, el edificio sostenible cuenta con un tanque de 5000lts (5m³) que le permite reutilizar el agua de todos los aparatos y el agua lluvia, es decir que el tanque siempre permanecerá lleno, dado que el edificio por día se consume 5.01 m³ mayor a la capacidad del tanque, sin contar la recolección de aguas lluvias. Por otra parte, el diseño del edificio sostenible contempló que el agua reutilizada sería usada para los aparatos de sanitarios y el grifo, con el fin de que esta agua fuera usada en actividades que no

contemplan consumo humano. Razón por la cual se puede afirmar que la suma de lo consumido en sanitarios y grifos es el ahorro que se realizará en el edificio sostenible como se observa en la Tabla 1 este ahorro fue del 33%.

Tabla 1 Reutilización de Agua en edificio sostenible.

Equipamiento	Caudal Mínimo (m ³ /min)	Tiempo de uso (min)	Reutilización (m ³)
Sanitario	0,057	56,18	3,20
Grifo	0,019	7,75	0,15
		Reutilización día (m ³)	3,35
		Ahorro	33%

Finalmente, estos consumos encontrados para las opciones convencionales y sostenibles, se asumió que se mantenían así durante todo el año, por lo que estos fueron utilizados para calcular los egresos por el consumo de agua en el modelo financiero.

3.7.1.2 Consumo de Energía

La estimación del consumo energético se realizó mediante el software web Green Building Studio, teniendo como insumo el modelo eléctrico realizado en el software Revit. Por otro lado, con el fin de validar los resultados obtenidos se procedió al cálculo de la línea base de consumo establecido en la guía de construcción sostenible "Resolución 0549 del 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio" (Minvivienda 2015).

Una vez el modelo eléctrico se ingresó en el software Green Building Studio, se realizó el análisis de los consumos de la edificación para un piso y durante un periodo de operación de doce (12) meses. A continuación, en la Figura 7 se muestra el análisis de consumos para la edificación objeto de estudio.

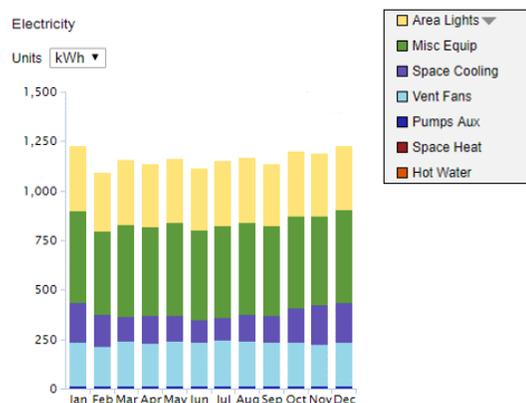


Figura 7 Consumos energéticos para un piso de análisis.

El análisis de resultados se realizó considerando únicamente los consumos proporcionados por áreas de iluminación (Franja amarilla) y equipos eléctricos (Franja verde), debido a que la edificación no cuenta con equipos de ventilación, aire acondicionado y bombas auxiliares presentados en las demás franjas. Se aclara que los consumos presentados por el software no contemplan las áreas comunes tales como pasillos. Finalmente un consumo de 259.1 kWh/mes-apartamento.

Con el fin de validar los consumos energéticos simulados por el software Green Building Studio, se empleó la metodología de la línea base, tomada de la guía de construcción sostenibles “Resolución 0549 de 2015” (Minvivienda 2015), que corresponde a 46,5 [kWh/m²-año] para una edificación en zona climática fría y tipo de uso no VIS. Adicionalmente se promedió el área de tres apartamentos tipo, para calcular el consumo energético en un periodo de un año.

$$\text{Consumo apto} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{año}} \right] = \text{Consumo línea base} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \cdot \text{año}} \right] * \text{área promedio} [\text{m}^2]$$

Ecuación 10 consumo energético en un periodo de un año.

El consumo obtenido (188,6 kWh/mes) brinda un indicador de consumo aproximado puesto que la guía de construcción sostenible (Minvivienda 2015), no establece el número de personas y la cantidad de aparatos en uso, por tal razón este indicador solo se tomara como referencia de un valor mínimo de consumo.

En cuanto a la estimación de energía a través de los paneles fotovoltaicos para la alternativa sostenible, se tuvo en cuenta las especificaciones técnicas de los paneles solares y la radiación solar en la ciudad de Bogotá, basados en el monitoreo de datos elaborados por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) (Instituto de Hidrología 2018).

Teniendo en cuenta el promedio de radiación solar en Wh/m² encontrado en las estaciones de medición del IDEAM, dicho valor se multiplicó por el área total de panel fotovoltaico (10,8 m²) con el fin de conocer la acumulación de energía en Wh, lo que nos da un total de acumulación de 132kWh-mes. Sin embargo, este estimado se comparó con la capacidad admisible del equipamiento con el fin de que este no supere la acumulación de energía admisible del equipamiento.

Finalmente, con los 132kWh-mes generados por los paneles y 259.1 kWh/mes-apartamento. obtenidos de consumo de la edificación, podemos decir que los paneles solares generan un ahorro de energía del 51%.

3.8 PLANTEAMIENTO DE ESCENARIOS

Se plantearon diferentes escenarios de análisis a tener en cuenta en el modelo financiero desarrollado. Se tuvo en cuenta variables como; Plazo de crédito, Tasa de crédito efectivo anual,

Ocupación de la edificación y Forma de financiamiento. Para el análisis de los escenarios el costo de capital (Ke) y flujo de caja traído cinco (5) años después de pagar la deuda (Años de Perpetuidad) son parámetros que no cambiarán para cada uno de los escenarios de análisis. Se aclara que el costo de capital Ke es de 14,5 E.A de acuerdo al mercado colombiano para el 2018 (Corficolombiana 2018). Se contemplaron 70 escenarios, y finalmente se seleccionaron los 20 que mejor capacidad de comparación tuvieron.

- Variación de tasa de crédito y plazo de crédito.
- Variación de plazo de crédito y forma de financiación.
- Variación de plazo de crédito y ocupación de la edificación.

La Tabla 2 muestra el total de escenarios utilizados en el modelo financiero que son comparables en función de los parámetros ya mencionados, donde la forma de financiación se divide en CR (crédito) y CP (capital propio).

Tabla 2 Total de escenarios implementados en el modelo financiero.

No.	Escenario	Plazo de crédito	Año de perpetuidad	Ocupación	Forma de financiación	Tasa de crédito
1	1	5	10	100%	CR 50-50 CP	10%
2	2	5	10	100%	CR 60-40 CP	10%
3	3	5	10	100%	CR 40-60 CP	10%
4	4	5	10	100%	CR 50-50 CP	12%
5	10	10	15	100%	CR 50-50 CP	10%
6	11	10	15	100%	CR 50-50 CP	12%
7	12	10	15	100%	CR 50-50 CP	15%
8	13	10	15	100%	CR 60-40 CP	10%
9	16	10	15	100%	CR 40-60 CP	10%
10	20	10	15	90%	CR 50-50 CP	10%
11	21	10	15	80%	CR 50-50 CP	10%
12	23	5	10	90%	CR 50-50 CP	10%
13	24	5	10	80%	CR 50-50 CP	10%
14	45	15	20	100%	CR 50-50 CP	10%
15	46	15	20	100%	CR 50-50 CP	12%
16	47	15	20	100%	CR 50-50 CP	15%
17	48	15	20	100%	CR 60-40 CP	10%
18	51	15	20	100%	CR 40-60 CP	10%
19	54	15	20	90%	CR 50-50 CP	10%
20	55	15	20	80%	CR 50-50 CP	10%

CR: Porcentaje de crédito.

CP: Porcentaje de capital propio.

A continuación, se muestra la agrupación de los escenarios seleccionados para el análisis de la sensibilidad de las variables, esto con el fin de saber cuáles son la combinación de variables que tienen mejor comportamiento, y que tanto afecta la disminución o aumento en el valor de estas.

- **Variando Tasa y Plazo:** 1, 4, 10, 11, 12, 45, 46, 47.
- **Variando plazo y forma de financiación:** 1, 2, 3, 10, 13, 16, 45, 48, 51.
- **Variando Ocupación y plazo:** 1, 10, 20, 21, 23, 24, 45, 54, 55.

4. RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos para cada uno de los escenarios planteados, teniendo en cuenta parámetros comparables como variación de tasa/plazo de crédito, variación de plazo de crédito/Forma de financiación y variación de plazo de crédito/Ocupación de la edificación para cada alternativa convencional y sostenible. Se evaluaron diferentes indicadores de bondad financiera tales como; Tasa interna de retorno (TIR) EA, Ingresos totales y Utilidad para cada categorización de escenario con el fin de comparar los resultados y poder conocer su impacto financiero en función de los ahorros de agua y energía.

4.1 Comparación de modelo convencional con modelo sostenible

4.1.1 Resumen del análisis de sensibilidad

Analizando cada uno de los escenarios planteados anteriormente, de la Tabla 3 a la Tabla 8 se resume los mejores y peores escenarios teniendo en cuenta:

- Mayor tasa interna de retorno (TIR) respecto al Costo de Capital (Ke).
- Mayor Utilidad.
- Mayor ingreso total para el inversionista.
- Desfavorable tasa interna de retorno (TIR) respecto al Costo de Capital (Ke).
- Utilidad menos competitiva.
- Menores ingresos totales para el inversionista.

Tabla 3 Mayor tasa interna de retorno (TIR) respecto al Costo de Capital (Ke).

Escenario	TIR (EA)	Ke (EA)	Alternativa
51	16,1%	14,5%	Convencional
51	19,6%	14,5%	Sostenible
16	15,9%	14,5%	Sostenible

Tabla 4 Mayor utilidad.

Escenario	Utilidad	Alternativa
45	\$ 449.132.458	Sostenible
48	\$ 421.231.067	Sostenible
51	\$ 485.772.539	Sostenible

Tabla 5 Mayor ingreso total para inversionistas.

Escenario	Total ingresos	Alternativa
45	\$ 877.990.307	Sostenible
46	\$ 697.095.743	Sostenible
51	\$ 1.039.443.361	Sostenible
16	\$ 670.729.381	Sostenible
48	\$ 725.100.168	Sostenible
54	\$ 638.062.274	Sostenible

Tabla 6 Peor tasa interna de retorno (TIR) respecto al Costo de Capital (Ke).

Escenario	TIR (EA)	Ke (EA)	Alternativa
12	3,2%	14,5%	Convencional
23	3,5%	14,5%	Convencional
24	0,8%	14,5%	Convencional

Tabla 7 Peor utilidad.

Escenario	Utilidad	Alternativa
4	-\$ 331.876.102	Convencional
1	-\$ 248.628.454	Convencional
2	-\$ 226.627.842	Convencional
3	-\$ 262.914.684	Convencional
23	-\$ 372.991.992	Convencional
24	-\$ 497.653.299	Convencional
21	-\$ 308.096.175	Convencional

Tabla 8 Menores ingresos totales para el inversionista.

Escenario	Total ingresos	Alternativa
4	\$ 180.986.959	Convencional
12	\$ 222.762.938	Convencional
3	\$ 369.575.658	Convencional
2	\$ 157.326.216	Convencional
1	\$ 259.689.827	Convencional
24	\$ 32.113.360	Convencional
20	\$ 363.950.448	Convencional
55	\$ 392.760.446	Convencional
23	\$ 146.827.912	Convencional

4.2 Análisis del impacto financiero de los ahorros de energía y agua

Analizando los ahorros generados por implementar metodologías sostenibles, se encontró que estos permiten recuperar el sobrecosto de 2.8% en 2.5 años, lo que genera ingresos extras para el inversionista por implementar estas medidas a partir del tercer año.

Debido a que la presente investigación pretendía encontrar si los ahorros en energía y agua al implementar metodologías sostenibles generan un impacto en los precios de arriendo, se procedió a analizar dicho comportamiento usando el mejor escenario del análisis de sensibilidad (Escenario 51-Sostenible). Al examinar cual es el descuento máximo que se puede hacer para que el modelo sostenible igualara el comportamiento del convencional se encontró que con el 4% de descuento los flujos de caja del inversionista de los dos modelos eran prácticamente similares. En contraste si se usaba un descuento mayor, este pasó a ser menos atractivo en comparación al sostenible, y viceversa si se usa un descuento menor al encontrado.

La Tabla 9, muestra los precios de arriendo para cada uno de los apartamentos del proyecto, y el precio que genera un descuento del 4% a estos. Adicional, se calculó el promedio de descuentos de los arriendos encontrando que en promedio se puede descontar \$29.449 por apartamento. Por otra parte, se realizó el mismo análisis para los otros dos escenarios que generan mejor utilidad, (escenarios 45 y 48), encontrando que los resultados serían los mismos que el escenario 51.

Tabla 9 Precios de arriendo (Con y Sin descuentos).

	Sin descuento	Con descuento	Descuentos
Apto No 1	\$ 680.760	\$ 653.530	\$ 27.230
Apto No 2	\$ 665.632	\$ 639.007	\$ 26.625
Apto No 3	\$ 862.296	\$ 827.804	\$ 34.492
Apto No 4	\$ 680.760	\$ 653.530	\$ 27.230
Apto No 5	\$ 665.632	\$ 639.007	\$ 26.625
Apto No 6	\$ 862.296	\$ 827.804	\$ 34.492
Apto No 7	\$ 680.760	\$ 653.530	\$ 27.230

Apto No 8	\$ 665.632	\$ 639.007	\$ 26.625
Apto No 9	\$ 862.296	\$ 827.804	\$ 34.492

*Descuento: 4% en el precio de arriendo.

*Promedio precio descuento: \$29.449

Por ultimo en la Tabla 10, se comparan los índices financieros y composición de los escenarios, encontrando que el inversionista tendría dos opciones al implementar las metodologías sostenibles: el primero (Escenario 51-Sostenible-4%) donde se aplican los ahorros generados en los consumos de energía y agua a la tarifa de arriendo, permitiendo que más personas puedan acceder a los apartamentos, lo que puede generar mayor ocupación y a su vez permitiría solucionar los problemas de vivienda de muchas personas de estratos bajos, al presentarles un arriendo más asequible en una vivienda óptima. Segundo, el inversionista podría utilizar estos ahorros en beneficio propio y generar mayores utilidades al mantener el mismo valor de arriendo sin aplicarle descuento (Escenario 51-Sostenible). Finalmente, cualquier decisión que se tome por parte del inversionista generará mejores rendimientos que el modelo convencional, por lo que aplicar las metodologías sostenibles tienen un impacto directo en los precios de arriendo del proyecto.

Tabla 10 Comparación de índices financieros y composición de escenarios.

Modelo	Convencional	Sostenible	Sostenible
Escenario	51	51-4%	51
TIR	16,1%	16,02%	17.99%
Flujo total	\$ 1.039.443.361	\$ 1.031.693.092	\$ 1.134.019.348
Utilidad	\$ 326.584.554	\$ 301.809.425	\$ 404.135.680
Plazo de crédito	15 años	10 años	15 años
Ocupación	100%	100%	100%
Forma de financiación	CR 40-60 CP	CR 40-60 CP	CR 40-60 CP
Tasa	10%	10%	10%

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- En 2,5 años se recuperaría el costo adicional invertido para la vivienda sostenible, sin embargo, la inversión podría recuperarse en un menor tiempo, dado que en el presente trabajo de investigación fueron utilizados paneles solares contaban con una mayor capacidad de generación de energía que la disponible en la localización del proyecto.
- Una vez analizados los resultados obtenidos en la presente investigación, se puede concluir que a pesar de que el costo de un edificio sostenible en comparación con un convencional que cumpla con los requerimientos del decreto 0549 del 2015 “Construcción Sostenible”, es del 2,8% para la presente investigación, estos costos adicionales en los que se incurren se pueden ver mitigados por diferentes formas, como lo pueden ser, beneficios en créditos, mayor porcentaje de ocupación en comparación con un edificio convencional, ahorros de agua y energía.
- Así mismo al analizar los criterios establecidos en la resolución 549 de 2015 “Construcción Sostenible”, que implementa metodologías de ahorro de consumo de agua y energía, se concluye que el proyecto de edificación sostenible es moderadamente recomendable financieramente en el impacto de los costos
- El análisis financiero de los dos modelos tanto el convencional como el sostenible, se encontró que el proyecto no es viable financieramente para ninguno de los dos casos en menos de 10 años, esto debido a la inversión inicial de la construcción no es cubierta por los ingresos de arriendo.
- Si se analiza el tema de la ocupación del edificio, y de acuerdo a datos de Green Building Council (USGBC, 2018) los edificios sostenibles tienen un porcentaje mayor de ocupación con respecto a los convencionales, esto debido al atractivo que generan las edificaciones de este tipo, lo que a su vez se ve reflejado en mejores indicadores financieros en comparación con un edificio convencional. Tanto así, que dependiendo del escenario que se analice, el impacto de un 10% menos de ocupación (1 apartamento todo un año) puede significar que el proyecto convencional pase de viable a inviable financieramente, por lo que para un inversionista le será mejor invertir en construcción sostenible, dado que su atractivo puede generarle unos ingresos que represente la viabilidad del proyecto o en su defecto mayores utilidades
- Así mismo, otro beneficio que se viene implementando en Colombia es el programa de créditos verdes de entidades financieras, permite acceder a créditos con una tasa de interés menor, y el cual con lleva a un atractivo modelo de negocio sostenible, dado que una disminución del 1%EA de un crédito a 15 años, significa un ahorro en dinero de casi ciento diez millones de pesos (\$110.000.000), lo cual resalta la inversión en este tipo de proyectos.

- Por otro lado, para el cálculo de los consumos energéticos se implementó el software Green Building Studio donde a partir de diferentes parámetros de entrada tales como: ubicación, estación climatológica, uso del suelo, número de apartamentos, área de construcción, número de personas entre otros, se obtuvo los consumos de energía y agua para un periodo de tiempo de 1 año que fueron comparables con la línea base que establece la resolución 0549 de 2015, donde se concluyó que los resultados obtenidos cumplían con los requisitos establecidos por la resolución.
- El escenario que mejor índices financieros generó fueron los de plazo de 15 años, por el contrario, escenario de 5 años es el peor de todos y se debe a que se generan pérdidas en los primeros años que no se pueden recuperar en los siguientes años, ni tampoco con la perpetuidad del flujo de caja.
- Finalmente, el presente trabajo de investigación permitió comprobar que la aplicación de metodologías sostenibles genera un ahorro en el costo del arriendo del 4% en el mejor de los escenarios, o en su defecto al mantener el mismo valor del arriendo el inversionista es capaz de percibir un 82% de utilidad con respecto a lo invertido, lo cual hace atractiva la implementación de metodologías sostenibles.

6. REFERENCIAS

- Aguilar, Inmaculada, Nieves Diaz, Yaiza Garcia, Manuela Hernandez, and Javier Domingo. 2006. Finanzas Cooperativas En La Practica.
- Alcaldia Mayor de Bogota. 2015. “Encuesta Multiproposito 2014.” Notas de Prensa. Vol. 2066.
<http://www.ine.es/prensa/np994.pdf>.
- Alshamrani, Othman Subhi. 2017. “Construction Cost Prediction Model for Conventional and Sustainable College Buildings in North America.” Journal of Taibah University for Science 11 (2): 315–23.
<https://doi.org/10.1016/J.JTUSCI.2016.01.004>.
- ASHRAE 90.1, STANDARD. 2016. “ENERGY STANDARD FOR BUILDINGS EXCEPT LOW-RISE RESIDENTIAL BUILDINGS.” 2016.
- Autodesk, Inc. 2019. “Softwares.” 2019.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID). 2017. “VIVIENDA Y DESARROLLO URBANO.” 2017.
<https://www.iadb.org/es/solr-search/content?keys=vivienda+que+viene>.
- Briseño, Hugo. 2006. Indicadores Financieros Facilmente Explicados. Mexico.
- Brundtland, G. H. 1987. “Our Common Future: Report of the World Commission on Environment and Development.”
<http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>.
- Camacol. 2016. “Regiones y Ciudades de Calidad.”
<https://ww2.camacolcundinamarca.co/images/Camacol/documentos-interes/ACUERDO-construccion-sostenible-2016.pdf>.
- CCCS. 2019. “Consejo Colombiano de Construcción

- Sostenible – CCCS – Liderando El Desarrollo Sostenible de La Industria de La Construcción.” 2019. <https://www.cccs.org.co/wp/>.
- Cibils, Vicente. 2014. “Se Busca Vivienda En Alquiler Opciones de Política En.” Banco Interamericano de Desarrollo, no. March: 48.
- CMS Legal Services EEIG. 2013. “Green Lease Clauses in Europe. A Practical Approach,” no. March: 24. <https://eguides.cmslegal.com/pdf/greenleaseclauses.pdf>.
- Codensa, Enel. 2018. “Tarifas de Energía.” 2018.
- Corficolombiana. 2018. “Rentabilidad Del Capital Propio (Ke),” 1–12. https://www.corficolombiana.com/wps/wcm/connect/corficolombiana/496983d9-b99d-452e-a19a-98e133f0f874/180724+Informe+Rentabilidad+del+Capital+Propio.pdf?MOD=AJPERES&CONVERT_TO=url&CACHEID=496983d9-b99d-452e-a19a-98e133f0f874.
- Council of Australian governments. 2012. THE GREEN LEASE HANDBOOK.
- CRA. 2018. “Tarifas de Agua.” 2018. <http://cra.gov.co/seccion/inicio.html>.
- CREG. 2018. “Tarifas de Energía.” <http://www.creg.gov.co/>.
- DANE. 2015. “Boletín Técnico Encuesta Multipropósito.”
- . 2017. “Resultados Generales IV Trimestre de 2017 Variación Anual Índice de Precios de La Vivienda Nueva - IPVN.” http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ipv/pvn/pres_ipvn_IVtrim17.pdf.
- . 2018. “Encuesta Multipropósito 2017.”
- DIAN, Dirección de Impuestos y Aduanas Nacionales. 2018. “Impuesto de Renta.”
- Douglas C. Montgomery, George C. Runger. 2014. Applied Statistics and Probability for Engineers. 6 Edition.
- EAAB. 2018. “Tarifas de Agua.” <https://www.acueducto.com.co/wps/portal/EAB>.
- Eastman, C, Teicholz, P, Sacks, R and Liston, K. 2008. “A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors.” S.I.: John Wiley & Sons, Inc.
- Eastman, Chuck ., Paul . Teicholz, and Rafael . Sacks. 2012. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors. Australasian Journal of Construction Economics and Building. Vol. 12. <https://doi.org/10.5130/ajceb.v12i3.2749>.
- Energía, Ministerio de Minas y. 2013. “REGLAMENTO TÉCNICO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS (RETIE),” 211.
- Erlandsson, Martin, and Mathias Borg. 2003. “Generic LCA-Methodology Applicable for Buildings, Constructions and Operation Services—Today Practice and Development Needs.” Building and Environment 38 (7): 919–38. [https://doi.org/10.1016/S0360-1323\(03\)00031-3](https://doi.org/10.1016/S0360-1323(03)00031-3).
- European Commission. 2016. “Acuerdo de París | Acción Por El Clima.” 2016. https://ec.europa.eu/clima/policys/international/negotiations/paris_es.
- Flett, Graeme, and Nick Kelly. 2016a. “An Occupant-Differentiated, Higher-Order Markov Chain Method for Prediction of Domestic Occupancy.” Energy and Buildings 125: 219–30. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.015>.
- . 2016b. “An Occupant-Differentiated, Higher-Order Markov Chain Method for Prediction of Domestic Occupancy.” Energy and Buildings 125: 219–30. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.05.015>.
- García S., Oscar León. 2009. Administración Financiera Fundamentos y Aplicaciones. Cuarta. Cali.
- Gómez, Carlos. 2014. “El Desarrollo Sostenible: Conceptos Básicos, Alcance y Criterios Para Su Evaluación.” Cambio Climático y Desarrollo Sostenible. Bases Conceptuales Para La Educación En Cuba., 90–111. <https://doi.org/10.3892/mmr.2016.5963>.
- González, María Jesús, and Justo García Navarro. 2006. “Assessment of the Decrease of CO2 Emissions in the Construction Field through the Selection of Materials: Practical Case Study of Three Houses of Low Environmental Impact.” Building and Environment 41 (7): 902–9. <https://doi.org/10.1016/J.BUILDENV.2005.04.006>.
- Heredía, Henny Luz, María Naranjo, and Benny Suárez. 2011. Comunidad y Salud. Comunidad y Salud. Vol. 9. CDCH Universidad de Carabobo. http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&id=S1690-32932011000200008.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). 2018. “Radiación Solar.” 2018.
- Kibert, Charles et al. 1994. “First International Conference on Sustainable Construction, Florida.”
- Kibert, Charles J. 2016. “Sustainable Construction : Green Building Design and Delivery.” <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&AN=1214902&site=eds-live>.
- Kubba, Sam. 2012. “Building Information Modeling.” Handbook of Green Building Design and Construction, 201–26. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-385128-4.00005-6>.
- Lanting, Roel. 1996. “Sustainable Construction in The Netherlands -A Perspective to the Year 2010.” <https://doi.org/96-BKR-P007>.
- Li, Hongyang, S. Thomas Ng, and Martin Skitmore. 2018. “Stakeholder Impact Analysis during Post-Occupancy Evaluation of Green Buildings – A Chinese Context.” Building and Environment 128 (November 2017): 89–95. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.014>.
- Martínez, Casado. 1996. “Edificios de Alta Calidad Ambiental. Ibérica, Alta Tecnología.”
- Medl, Alexandra, Rosemarie Stangl, and Florin Florineth. 2017. “Vertical Greening Systems – A Review on Recent Technologies and Research Advancement.”

- Building and Environment 125: 227–39.
<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.08.054>.
- Minvivienda. 2015. “RESOLUCIÓN NÚMERO 0549 de 2015.”
Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio.
<http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549-2015.pdf>.
- Mundial, Banco. 2018. “Informe Anual 2018.” 2018.
<http://www.bancomundial.org/es/about/annual-report>.
- Muratori, Matteo, Matthew C. Roberts, Ramteen Sioshansi, Vincenzo Marano, and Giorgio Rizzoni. 2013. “A Highly Resolved Modeling Technique to Simulate Residential Power Demand.” *Applied Energy* 107: 465–73.
<https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.057>.
- Norma Técnica Colombiana. 2017. “CODIGO COLOMBIANO DE INSTALACIONES HIDRAULICAS Y SANITARIAS-NTC 1500.”
- Picó, Eloi Coloma. 2008. *Introducción a La Tecnología BIM*.
https://books.google.cl/books?id=V2lqmVapJWkC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q=pasteurización&f=false.
- Rojas, Eduardo, and Nadine Medellín. 2011. “Housing Policy Matters for the Poor: Housing Conditions in Latin America and the Caribbean.”
<http://hdl.handle.net/10419/89104>.
- Ross, Stephen A., Randolph W. Westerfield, and Jeffrey Jaffe. 2005. *FINANZAS CORPORATIVAS*. Séptima. McGraw-Hill Interamericana.
- Sang, Y, IL Lee, S. and Bae, J. 2014. “Reinforcement Placement in a Concrete Slab Object Using Structural Building Information Modeling. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*” 29: 47–59.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8667.2012.00794.x>.
- Shaikh, Pervez Hameed, Nursyarizal Bin Mohd. Nor, Anwer Ali Sahito, Perumal Nallagownden, Irraivan Elamvazuthi, and M.S. Shaikh. 2017. “Building Energy for Sustainable Development in Malaysia: A Review.” *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 75 (August): 1392–1403.
<https://doi.org/10.1016/J.RSER.2016.11.128>.
- Tatari, Omer, and Murat Kucukvar. 2012. “Eco-Efficiency of Construction Materials: Data Envelopment Analysis.” *Journal of Construction Engineering and Management* 138 (6): 733–41.
[https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000484](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000484).
- USGBC. 2018. “USGBC Homepage.” 2018.
<https://new.usgbc.org/>.
- Velez Pareja, Ignacio. 2006. *Decisiones de Inversión Para La Valoración Financiera de Proyectos y Empresas*. 2006th ed. Bogotá.
- Vivienda, Ministerio de. 2014. “Construcción Sostenible.” 2014. <http://www.minvivienda.gov.co/cambio-climatico/mitigacion/construccion-sostenible>.
- Vyas, G. S., and K. N. Jha. 2018. “What Does It Cost to Convert a Non-Rated Building into a Green Building?” *Sustainable Cities and Society* 36 (November 2017): 107–15. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2017.09.023>.
- Widén, Joakim, Annica M. Nilsson, and Ewa Wäckelgård. 2009. “A Combined Markov-Chain and Bottom-up Approach to Modelling of Domestic Lighting Demand.” *Energy and Buildings* 41 (10): 1001–12.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2009.05.002>.
- Wiley, Blackwell. 2016. *Construction Manager’s BIM Handbook*.
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsebk&AN=1261146&site=eds-live>.
- Zhang, Li, Jing Wu, and Hongyu Liu. 2018. “Turning Green into Gold: A Review on the Economics of Green Buildings.” *Journal of Cleaner Production* 172: 2234–45. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.11.188>.