

**ANÁLISIS DEL COSTO-BENEFICIO DE CONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE EN UN PROYECTO DE VIVIENDA - CASO:
ÓPTIMA S.A.**

LUIS ESTEBAN ARIAS TAPIERO



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA CIVIL
ENVIGADO
2011**

**ANÁLISIS DEL COSTO-BENEFICIO DE CONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE EN UN PROYECTO DE VIVIENDA - CASO:
ÓPTIMA S.A.**

LUIS ESTEBAN ARIAS TAPIERO

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Civil.

Juan Manuel Gómez Roldán

Ingeniero Civil

Gerente General de ÓPTIMA S.A.



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA
INGENIERÍA CIVIL
ENVIGADO
2011**

DEDICATORIA.

A mis padres, hermanos y Camila por el apoyo incondicional, lo que me ha permitido alcanzar muchas metas en mi vida y contando con ese apoyo podré alcanzar muchas más.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer especialmente: Al Doctor **Juan Manuel Gómez**, Gerente General de la Empresa Optima Vivienda y Construcción, por todo el apoyo para llevar a feliz término la elaboración de este trabajo.

A Mi padre **Luis Eduardo Arias G.**, Gerente técnico de la Empresa Optima Vivienda y Construcción por la disposición para ayudar en todo lo relacionado con este trabajo.

A la Empresa **ÓPTIMA Vivienda y Construcción** por ser parte activa en la elaboración del presente trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la elaboración de este trabajo.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	11
1 PRELIMINARES.....	13
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.....	14
1.2.1 OBJETIVO GENERAL:.....	14
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	14
1.3 MARCO DE REFERENCIA.....	14
1.3.1 GENERALIDADES DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE.....	14
1.3.2 CERTIFICACIÓN LEED.....	16
1.3.3 CERTIFICACIÓN DE CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES EN COLOMBIA.....	36
1.3.4 GENERALIDADES DE LA EMPRESA ÓPTIMA S.A VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN.....	36
1.3.5 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO CIUDAD CENTRAL.....	37
2 METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	39
3 DESARROLLO DEL PROYECTO.....	41
3.1 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ASPECTOS NECESARIOS PARA UNA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE CON BASE EN LA CERTIFICACIÓN LEED.....	41
3.2 COSTOS Y BENEFICIOS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN EL PROYECTO CIUDAD CENTRAL DE LA EMPRESA ÓPTIMA S.A. VIVIENDA Y CONSTRUCCIÓN.....	49
4 CONCLUSIONES.....	67
5 RECOMENDACIONES.....	71
6 BIBLIOGRAFÍA.....	73

LISTA DE TABLAS

		pág.
Tabla 1	Créditos y requerimientos por categoría de la Certificación LEED	18
Tabla 2	Niveles de la Certificación LEED.....	20
Tabla 3	Base de consumo para el cálculo de la certificación LEED.	26
Tabla 4	Análisis de Precio Unitario para una cubierta verde extensiva	50
Tabla 5	Sobrecosto de la cubierta verde.....	51
Tabla 6	Diferencia en costos entre Pavimento Asfáltico y Pavimento en Adoquín.	52
Tabla 7	Costo de canecas de 1.600 litros para separación de residuos sólidos.....	53
Tabla 8	Costo de implementación del sistema de Sinesco para almacenar y disponer escombros.....	54
Tabla 9	Incremento en costos de instalar doble Shut de basuras.	55
Tabla 10	Incremento en costos utilizando concreto premezclado comparado con el concreto preparado en obra.	56
Tabla 11	Consumo energético de la concretadora.....	56
Tabla 12	Costos de Operación de la bomba de calor comparada con calentador a gas.	58
Tabla 13	Costo del sistema de recirculación de aguas grises en el proyecto Ciudad Central.	60
Tabla 14	Ahorros y costos mensuales y de la reutilización de aguas grises.	60
Tabla 15	Diferentes sanitarios frente a Avanti Plus, precios, consumos y períodos de retorno de la inversión.	62
Tabla 16	Incremento en costos total de consideraciones de construcción sostenible para el proyecto Ciudad Central	63
Tabla 17	Análisis del ciclo de vida del beneficio económico de los ocupantes a 10 años.	64
Tabla 18	Puntaje LEED inicial.	64
Tabla 19	Puntaje LEED considerando cambios.	65

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 Ubicación del proyecto Ciudad Central.	38
Figura 2 Zona urbana aledaña al proyecto Ciudad Central	43

GLOSARIO

Desarrollo sostenible: según la Comisión Mundial del Medio Ambiente de la ONU (1987), es *“un desarrollo en el que se incorporan todas las necesidades del presente, sin poner en peligro las necesidades de las generaciones futuras”*.

Efecto invernadero: es un fenómeno causado por algunos gases como, dióxido de carbono, metano, óxido nitroso, hidrofluorocarbono, perfluorocarbonos, hexafluoruro de azufre, estos retienen parte de la energía que el suelo emite después de haber sido calentado por la luz solar; esto evita que la energía del sol que es recibida por la tierra vuelva al espacio.

Certificación LEED: Leadership in Energy and Environmental Design, es el certificado que otorga la USGBC (United States Green Building Council) a aquellos proyectos que se desarrollen bajo parámetros de sostenibilidad y eficiencia en el uso De recursos.

Efecto isla calor: sucede cuando el calor no es capaz de disiparse principalmente en las noches, por lo que se crea un área más calurosa que el entorno que la rodea.

Cubiertas verdes: techo de un edificio que se encuentra de manera parcial o total cubierto por plantas, puede ser sobre una superficie sólida o sobre algún medio de cultivo.

Índice de reflectancia solar: Es el porcentaje de energía solar que es reflejado por una superficie.

RESUMEN

En el análisis del costo – Beneficio de construcción sostenible en **Ciudad Central**, un Proyecto de Vivienda – Caso: **ÓPTIMA S.A** se busca acercar a la Empresa **ÓPTIMA S.A** a los conceptos de Construcción Sostenible.

El trabajo consistió básicamente en una recopilación bibliográfica y descripción general de las consideraciones y requerimientos para obtener una certificación LEED.

Con la información de requerimientos de la certificación LEED, se adquirieron conocimientos de lo que es construcción sostenible, lo cual consiste en buscar desde la planeación, diseño, construcción, mantenimiento y demolición de una edificación la manera más efectiva para que el medio ambiente sea lo menos afectado posible, se preserve la salud de las personas, así como también obtener un mayor confort de los ocupantes de las vivienda y racionalizar el uso de los recursos naturales.

El trabajo comprende dos capítulos: el primero trata de los requerimientos de la certificación LEED y proponer algunas consideraciones que debe tener la Empresa **ÓPTIMA S.A** en sus proyectos de vivienda y en este caso, el proyecto **Ciudad Central**, ubicado en el Municipio de Bello, el cual se encuentra en etapa de ventas y construcción, para acercarse a los requerimientos de esta certificación.

En el segundo capítulo se habla de los costos y los beneficios que puede traer implementar los criterios de construcción sostenible. Asimismo se hace una descripción detallada de los costos y beneficios de diferentes actividades de la construcción sostenible tales como: las cubiertas verdes, separación de residuos sólidos, optimización del uso del agua, eficiencia energética, contaminación del aire.

También se realiza el análisis de los costos para hacer del Proyecto **Ciudad Central** una construcción sostenible, en este análisis se considera el presupuesto donde no intervienen variables específicas de construcción sostenible frente al presupuesto considerando tales variables.

Se consideraron los proveedores existentes en el mercado nacional y local, de diferentes tipos de materiales, productos y servicios amigables con el medio ambiente. Asimismo se identificaron los beneficios ambientales que puede generar la implementación de una construcción sostenible.

ABSTRACT

The analysis of the cost – benefit of sustainable buildings in Ciudad Central, a dwelling project of the company OPTIMA S.A, seeks to bring the concepts of sustainable construction to this company.

The work consisted in a **bibliographic recompilation** and an overview of the considerations and requirements for obtaining a LEED certification.

With the information requirements of LEED certification, we obtained knowledge of what is in itself a sustainable building, which is to seek from the planning, design, construction, maintenance and demolition of a building by the most efficient way so that the environment is affected **in the least possible way**, preventing the deterioration of the health of people, as well as getting a better comfort of the occupants of the dwelling and rational use of natural resources.

Basically, the project consists in two chapters: the first deals with LEED certification requirements and considerations that must have the OPTIMA S.A in its housing projects and in this particular case Ciudad Central project, located in Bello, Antioquia, Colombia, which is in the sales and construction stage, in order to approach the requirements of this certification. The second chapter discusses the costs and benefits that they can bring to implement sustainable construction criteria. It also gives a detailed description of costs and benefits of different activities such as sustainable construction, green roofs, separation of solid waste, water use optimization, energy efficiency, and air pollution.

It also performed cost analysis of to make Ciudad Central Project sustainable construction, considering the taking into account the budget which does not involved specific variables of sustainable construction versus the budget considering these variables.

The project considered the suppliers in the domestic market and from several different types of materials which are friendly to the environment.

In the same way it identified benefits that sustainable construction can bring to the environment.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo:

- Acercar a la Empresa **ÓPTIMA S.A** al desarrollo de proyectos de vivienda bajo criterios de construcción sostenible, considerando que la construcción es uno de los renglones que más recursos naturales utiliza en todo el mundo.
- Realizar el análisis del costo – beneficio, que implica la implementación de una construcción sostenible en el proyecto **Ciudad Central de la Empresa ÓPTIMA S.A.** Evaluar los beneficios tanto económicos como ambientales implementando la construcción sostenible.
- Identificar los principales aspectos requeridos para que el proyecto de vivienda **Ciudad Central** se adecue a los principios de construcción sostenible y obtenga una certificación LEED en Colombia.
- Estudiar los productos y servicios que ofrece el mercado colombiano para que la Empresa **ÓPTIMA S.A** utilice, en aras de lograr un proyecto ambientalmente sostenible.
- Cuantificar los costos de construcción donde se incluyan elementos de construcción sostenible, para analizar la posibilidad de que la obra **Ciudad Central** de la Empresa **ÓPTIMA S.A** pueda desarrollarse bajo estos parámetros.

Para realizar este trabajo se utilizó la siguiente metodología:

Primero se realizó una recopilación bibliográfica de lo que es una construcción sostenible y lo que significa y requiere una certificación LEED.

A partir de los requerimientos para una certificación LEED, se consultó con diferentes empresas los materiales, productos y servicios que ofrecen al mercado que cumplan con los criterios de construcción sostenible..

Se pidió cotización de los materiales, productos y servicios que se podrían utilizar en el proyecto **Ciudad Central** de la Empresa **ÓPTIMA S.A.** para que sea un proyecto bajo los parámetros de sostenibilidad ambiental.

De acuerdo con esta información se procedió a analizarla e interpretarla, comparando el presupuesto de la obra **Ciudad Central** extraída del programa

SAO (Sistema Administrativo de Obra), sistema que utiliza la Empresa **ÓPTIMA S.A**, con un presupuesto basado en principios de sostenibilidad, donde se evalúan los beneficios económicos y ambientales.

1 PRELIMINARES

1.1 Planteamiento del problema.

Como respuesta al cambio climático y al uso indiscriminado que el hombre le ha dado a los recursos naturales, el sector de la construcción alrededor del mundo, ha buscado alternativas para desarrollar edificaciones y proyectos que optimicen el uso de los recursos naturales. Mediante construcciones sostenibles el hombre ha podido mitigar un poco los impactos generados en el medio ambiente.

ÓPTIMA S.A. como una empresa líder en el sector de la construcción en el ámbito municipal, departamental y nacional, no ha sido ajena a esta problemática. En su Estrategia Corporativa 2011-2014 contempla conocer y aplicar las tendencias del mundo hacia las construcciones amigables con el medio ambiente, construyendo con calidad, seguridad y sostenibilidad ambiental, para ir implementando construcción sostenible.

En este caso se analizarán los costos y los beneficios desde el punto de vista ambiental y económico del proyecto **Ciudad Central** comparándolo con los costos del mismo proyecto como normalmente lo desarrollaría, es decir sin tener en cuenta variables de sostenibilidad.

En este análisis se consideran desde los diseños (arquitectónicos, hidráulicos, eléctricos, entre otros), los materiales a utilizar, los procesos constructivos y demás consideraciones que el proyecto **Ciudad Central** deba tener para que se realice bajo los principios de construcción sostenible y obtenga una certificación **LEED** (Leadership in Energy and Environmental Design).

La base sobre la cual se apoyará este trabajo por tratar los tipos de edificaciones que desarrolla la empresa **OPTIMA S.A.** en la actualidad y en particular el proyecto **Ciudad Central**, es la certificación **LEED** llamada **New Construction and major Renovations**.

1.2 Objetivos del proyecto.

1.2.1 Objetivo General:

Realizar el análisis del costo – beneficio de tiene implementar los principios de construcción sostenible en el proyecto **Ciudad Central de la Empresa ÓPTIMA S.A.**

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Acercar a la Empresa **ÓPTIMA S.A** al desarrollo de proyectos de vivienda bajo criterios de construcción sostenible, considerando que la construcción es uno de los renglones que más recursos naturales utiliza en todo el mundo.
- Identificar los principales aspectos requeridos para que el proyecto de vivienda **Ciudad Central desarrollado por la Empresa ÓPTIMA S.A** Vivienda y Construcción, se adecue a los principios de construcción sostenible y obtenga una certificación **LEED** en Colombia.
- Estudiar los productos y servicios que ofrece el mercado colombiano para que la Empresa **ÓPTIMA S.A** utilice en aras de lograr un proyecto ambientalmente sostenible.
- *Determinar las diferencias de los costos en el proyecto **Ciudad Central de la Empresa ÓPTIMA S.A** entre construir bajo los parámetros de construcción sostenible y la forma tradicional, es decir, de la misma manera en que se han construido sus proyectos hasta la actualidad y evaluar así los beneficios ambientales y económicos de la construcción sostenible.*

1.3 Marco de referencia.

1.3.1 Generalidades de construcción sostenible.

De acuerdo con la *Convención marco de Naciones Unidas sobre el cambio climático*, se definió este concepto como “*variaciones en el clima causadas directa o indirectamente por acciones generadas por el hombre, las cuales alteran la composición de la atmósfera terrestre, variaciones adicionales a los*

cambios naturales propios del clima comparables en el tiempo” (Naciones Unidas, 1992).

Después de lo establecido en el *Protocolo de Kyoto de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático*, la mayoría de los dirigentes de los estados considerados desarrollados (Alemania, Francia, Austria, España entre otros) se comprometieron en promover el desarrollo sostenible en sus países y en el mundo, incentivando en diferentes sectores productivos la reducción de gases que causan efecto invernadero, además de esto, se comprometieron en reducir en un 5% la producción de gases del año 1990, en el periodo comprendido entre 2008 y 2012. Es por esta razón que países como Alemania, Japón, Francia, entre otros, han adoptado medidas para reducir el consumo de recursos naturales y las emisiones de gases contaminantes que causan efecto invernadero en sectores como la construcción, la agricultura, el transporte, entre otros, (Naciones Unidas, 1997).

Siendo la construcción el sector con mayor potencial en la reducción de emisión de gases que causan efecto invernadero y en la reducción del consumo de recursos naturales, ya que este sector utiliza alrededor del 40% de los **recursos** naturales del mundo, (***United Nations Environment Programme- Sustainable Buildings and Climate Initiative, 2010***).

La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) define la construcción sostenible como *“la práctica de crear edificaciones utilizando procesos responsables con el medio ambiente, manejando eficientemente los recursos a través del ciclo de vida de la edificación desde la ubicación, el diseño, la construcción, la operación, el mantenimiento, la renovación y la demolición de esta. Su fin es reducir el impacto generado por la construcción en la salud humana y en la naturaleza, dándole un uso eficiente a los recursos naturales, protegiendo la salud de las personas que ocupan las edificaciones y reduciendo la contaminación y la degradación del medio ambiente”*. (EPA, 2011)

Los aspectos fundamentales que busca una construcción sostenible son:

- Evitar que se afecte la salud de las personas.
- El confort de los ocupantes.
- Minimizar el impacto en el medio ambiente.

Adicional a esto la construcción sostenible tiene grandes beneficios ambientales y económicos, ya que ayuda a proteger los ecosistemas, mejorar la calidad del agua y el aire, permite conservar los recursos naturales, contribuyendo a conservar el medio ambiente, reducir los costos de operación de las edificaciones y mejorar la productividad de las personas que las ocupan.

1.3.2 Certificación LEED

Existen en el mundo diferentes estándares que certifican las construcciones sostenibles, dependiendo de la región y el país donde se desarrolle el proyecto. Podemos mencionar: El estándar Haute Qualité Environnementale (HQE) desarrollado en Francia por la Asociación para la Alta Calidad del Medio Ambiente (ASSOHQE, por sus siglas en francés) el cuál es un modelo para el desarrollo de construcciones sostenibles en Francia.

El Building Research Establishment (BRE) ha desarrollado un método para evaluar las edificaciones sostenibles, establece un estándar para mejorar el desempeño medioambiental de estas, la certificación que otorga esta organización se denomina BREEAM (BRE Environmental Assessment Method), siendo esta de gran utilización en el Reino Unido y en países europeos (Parker, 2009).

El Consejo Estadounidense de Construcción Sostenible(USGBC), desarrolló el sistema de certificación LEED el cuál abarca diferentes tipos de edificaciones sostenibles, siendo este sistema de certificación el que se viene utilizando en nuestro país y otros 40 países mas como India, Italia, España, China, Chile, Mexico, Canadá, entre otros. (U.S. Green Buidling Council, 2011).

La certificación **LEED** es el sistema por el cual el **USGBC (Consejo Estadounidense de construcción Sostenible)** avala las construcciones sostenibles. Para esto, utiliza unos criterios previamente definidos y con ciertos requerimientos por cumplir, los cuales van desde la planificación hasta la construcción y operación. En la Tabla 1, se presentan los criterios y requerimientos que se deben cumplir para obtener una certificación LEED.

La certificación **LEED** está dirigida a que los diferentes tipos de proyectos funcionen eficientemente, buscando minimizar el impacto generado en el medio ambiente y mejorar la calidad de vida de los ocupantes, a través de la optimización y selección de los recursos empleados en las construcciones.

Según el tipo del proyecto, existen diferentes sistemas de Certificación **LEED**, la certificación va a depender del uso y las características de la edificación.

Los sistemas de certificación **LEED** varían, dependiendo si son construcciones nuevas, grandes reformas, edificaciones existentes, colegios, interiores comerciales, casas, desarrollo de barrios, entre otros.

La base sobre la cual se apoyará este trabajo por tratar los tipos de edificaciones que desarrolla la empresa **ÓPTIMA S.A.** en la actualidad y en particular el proyecto **Ciudad Central** es la certificación **LEED** llamada **New Construction and major Renovations**, la cual cubre proyectos completamente nuevos o de grandes renovaciones, dedicados a la construcción de grandes comercios, oficinas, vivienda masiva, edificios gubernamentales, lugares de recreación, plantas industriales, laboratorios, entre otros.

Existen 5 ramas principales que la certificación LEED cubre para que construcciones nuevas sean desarrolladas sosteniblemente, las cuales son: Sitios sostenibles, Eficiencia del Agua, Energía y Atmósfera, Materiales y Recursos y Calidad del ambiente interior. Así mismo existen 2 ramas adicionales, Innovación en el diseño y Prioridad regional, los cuáles buscan dar un puntaje extra a la fase del diseño sostenible y desarrollar aspectos prioritarios que tiene cada población.

Cada rama está dividida en créditos o aspectos a considerar y para cada uno de estos se asigna un puntaje el cual depende de la importancia y los beneficios que trae para el medio ambiente y de la mejora de la calidad de vida de los ocupantes. Además para las 5 ramas principales, existen créditos denominados prerrequisitos, que aunque no asignan ninguna cantidad de puntos son de obligatorio cumplimiento para obtener una certificación LEED. En la Tabla 1 se muestran los requerimientos y el puntaje asignado por cada crédito.

Tabla 1 Créditos y requerimientos por categoría de la Certificación LEED

	Puntaje	Crédito
Sitios Sostenibles	Pre-requisito	Prevenir la contaminación durante la construcción
	1	Selección del sitio
	5	Desarrollo de la densidad y la conectividad de la comunidad
	1	Redesarrollo de lugares industriales-contaminados
	6	Transporte Alternativo - Acceso a transporte público
	1	Transporte Alternativo - Lugar de almacenamiento de bicicletas y camerinos
	3	Transporte Alternativo - Vehículos de bajas emisiones y de consumo eficiente
	2	Transporte Alternativo - Capacidad de los parqueaderos
	1	Proteger o restaurar El Hábitat
	1	Maximizar el espacio abierto
	1	Diseño de Aguas Lluvias - Control de la Cantidad
	1	Diseño de Aguas Lluvias - Control de la Calidad
	1	Efecto Isla de Calor - Diferente de Techos
	1	Efecto Isla de Calor - Techos
	1	Reducción de la polución por luz
Eficiencia del Agua	Pre-requisito	Reducción en el uso del agua
	2 a 4	Uso eficiente del agua en el paisajismo
	2	Innovación en tecnologías para el uso de Aguas residuales
	2 a 4	Reducción en el uso del agua
Energía y Atmósfera	Pre-requisito	Inspecciones fundamentales de los sistemas energéticos
	Pre-requisito	Desempeño mínimo energético
	Pre-requisito	Manejo fundamental de los refrigeradores
	1 a 19	Optimizar el desempeño de la energía
	1 a 7	Energía renovable en el sitio
	2	Inspecciones mejoradas
	2	Manejo mejorado de los refrigerantes
	3	Medición y verificación
2	Energía Verde	
Materiales y Recursos	Pre-requisito	Almacenamiento y recolección de materiales reciclables
	1 a 3	Reutilización del edificio - Mantener muros pisos y techos,
	1	Reutilización del edificio - Mantener elementos no estructurales interiores
	1 a 2	Manejo de los residuos de construcción
	1 a 2	Reutilización de materiales

	1 a 2	Contenido Reciclado
	1 a 2	Materiales Regionales
	1	Materiales de rápida renovación
	1	Madera Certificada
Calidad del ambiente interior	Pre-requisito	Desempeño mínimo de la calidad del aire interior.
	Pre-requisito	Control de ambientes para fumar cigarrillo
	1	Monitoreo del aire exterior entregado
	1	Mejorar la ventilación
	1	Plan de manejo de la calidad del aire interior de la construcción - Durante la Construcción
	1	Plan de manejo de la calidad del aire interior de la construcción - Antes de la Ocupación
	1	Materiales de baja emisión - Adhesivos y sellantes
	1	Materiales de baja emisión - Pinturas y recubrimientos
	1	Materiales de baja emisión - Sistemas de piso
	1	Materiales de baja emisión - Madera compuesta y productos de fibras bio-agrícolas
	1	Control de fuentes contaminantes y de químicos en interiores
	1	Capacidad de control de los sistemas - Iluminación
	1	Capacidad de control de los sistemas - Confort Térmico
	1	Confort Térmico - Diseño
	1	Confort Térmico - Verificación
	Innovación en el diseño	1 a 5
1		Profesional acreditado en LEED
Prioridad Regional	1 a 4	Prioridad Regional

Existen diferentes niveles de certificación LEED para un proyecto, los cuales dependen del puntaje obtenido por este con base en el cumplimiento de cada uno de los créditos. Si el proyecto obtiene una calificación entre 40 y 49 puntos, obtendrá una certificación LEED, si obtiene una calificación entre 50 y 59 puntos obtendrá una Certificación LEED plata, si obtiene una calificación entre 60 y 79 puntos obtendrá una Certificación LEED oro y si obtiene una calificación por encima de 80 puntos obtendrá una Certificación platino, como se muestra en la Tabla 2. Las 5 ramas principales constan de 100 puntos para esta calificación y las 2 adicionales aportan 10 puntos.

Tabla 2 Niveles de la Certificación LEED.

Nivel de certificación	Puntaje Requerido
Certificación	40-49
Plata	50-59
Oro	60-79
Platino	80 en adelante

Este nivel de certificación indica la eficiencia y la mitigación de los impactos en el medio ambiente que puede tener el proyecto certificado.

A continuación se hace un breve resumen de los requerimientos de la certificación LEED 2009 para un proyecto de vivienda de acuerdo con lo determinado en *LEED 2009 New Constructions and Major Renovations Rating Systems* (USGBC, 2011).

Categoría 1. Sitios Sostenibles.

Se busca desde la planeación, desarrollar el proyecto en un lugar que genere un impacto mínimo con el entorno y el medio ambiente, controlar la contaminación del sitio durante la construcción y que ofrezca opciones de movilidad sostenible para los ocupantes, para así reducir el consumo de combustibles fósiles que se utilizan para el desplazamiento. Igualmente analiza factores micro climático del sitio como la pluviosidad y el efecto *isla de calor* producido por el edificio.

En esta categoría se tiene 1 prerrequisito, y 14 créditos, los cuales otorgan 26 puntos.

Un crédito: es cada uno de los aspectos a considerar. Véase **Tabla 1**.

Un prerrequisito: Son créditos (aspectos a considerar), que aunque no asignan ninguna cantidad de puntos son de obligatorio cumplimiento para obtener una certificación **LEED**. Véase **Tabla 1**

Prevenir la contaminación durante la construcción.

Este prerrequisito busca reducir la contaminación que generan las actividades de construcción, de manera que se controle la erosión del suelo, la sedimentación

en las cunetas y la generación de polvo. Esto se logra desarrollando un plan de control de la erosión y la sedimentación para todos los procesos constructivos que estén asociados al proyecto, este plan debe seguir, por lo menos, el Permiso General de Construcción de la **EPA(Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)**, de manera que se prevenga la sedimentación en los alcantarillados, prevenga la contaminación del aire por polvo y se prevenga el arrastre de suelo durante la construcción debido a las lluvias o a la erosión por el viento, también se busca proteger la capa vegetal del suelo para ser utilizada posteriormente.

Los 14 créditos que contiene esta categoría son:

Selección del sitio.

Este crédito busca que el lugar seleccionado para desarrollar el proyecto sea apropiado y reduzca los impactos que puede generar en el medio ambiente la localización del proyecto. Se busca que el proyecto no sea desarrollado en tierras de gran potencial agrícola, tierras sin desarrollar que estén por debajo de 1,524 metros de elevación del periodo de retorno de los 100 años, tierras que sean habitadas por especies en vía de extinción, tierras que estén a una distancia menor de 30,48 metros de humedales, sitios sin desarrollar que estén a menos de 15,24 metros de fuentes hídricas como ríos, lagos, mares, quebradas o tributarias que puedan contener peces. Finalmente que la tierra a desarrollar antes de ser adquiridos, no fueran parques públicos.

Desarrollo densificado y conectividad de la comunidad.

Este crédito busca incentivar el desarrollo de áreas urbanas con infraestructura existente, de manera que se protejan los campos, se preserven los ecosistemas y los recursos naturales. Para lograr esto se debe desarrollar el proyecto en barrios o comunidades donde se tenga una densidad de área construida de (relación entre el área construida y el área del lote) de por lo menos 1.337, incluyendo en este cálculo el área del edificio. De igual manera esto se puede lograr desarrollando el proyecto en una zona previamente desarrollada, que en un radio de 805 metros tenga un barrio con una densidad de 1 vivienda por cada 404 metros cuadrados y existan por lo menos 10 servicios básicos (bancos, restaurantes, museos, escuelas, supermercados, farmacias, salones de belleza, entre otros) los cuales tengan un acceso peatonal desde el proyecto a estos servicios.

Redesarrollo de sitios industrializados contaminados (Brownfield).

Este crédito tiene como fin rehabilitar sitios que sean complicados de desarrollar debido a su contaminación, igualmente reduciendo la urbanización de sitios sin desarrollar. Esto se logra desarrollando proyectos en sitios considerados industrializados, contaminados.

Transporte alternativo – Acceso al transporte público.

El transporte alternativo tiene como fin reducir la contaminación causada por el uso de automóviles al mismo tiempo que se reducen los impactos generados por el desarrollo de tierras. Este crédito se logra localizando el proyecto a menos de 805 metros caminando a una estación de metro o tranvía, o situando el proyecto a menos de 403 metros de una parada de bus por la que pasen más de 2 rutas. Este tiene como fin brindar a los ocupantes una accesibilidad mayor a los sistemas de transporte público, reduciendo así el uso de automóvil individual.

Transporte alternativo – Almacenamiento de bicicletas y camerinos.

Este crédito busca incentivar el uso de bicicletas como sistema de transporte alternativo y así reducir la contaminación causada por los automóviles. En proyectos residenciales este crédito se cumple proporcionando por lo menos al 15% de los ocupantes un lugar seguro para guardar bicicletas.

Transporte alternativo – Vehículos de baja emisión y de consumo eficiente.

Este crédito busca incentivar el uso de vehículos que utilicen energía alternativas o que su consumo sea eficiente, reduciendo así la contaminación que genera el uso de automóviles.

Este crédito se logra proporcionando parqueaderos preferenciales para el 5% de la capacidad total de vehículos del parqueadero, instalando estaciones de servicio de combustible alternativo para el 3% de la capacidad total de vehículos del parqueadero, proporcionando vehículos de bajas emisiones o de consumo eficiente para el 3% de los ocupantes de tiempo completo del edificio o proporcionando a los ocupantes del edificio programas de que permitan el compartimiento de vehículos de bajas emisiones o de bajo consumo de combustible.

Transporte alternativo – Capacidad de parqueaderos.

Este crédito busca reducir en la mayor medida posible, el número de parqueaderos en el proyecto, de manera que se minimice el uso de automóviles. Para proyectos residenciales este crédito se cumple si no se construyen nuevos parqueaderos o si se construyen, estos no deben exceder los requerimientos de los códigos locales se debe disponer de infraestructura y programas que promuevan y faciliten el uso de vehículos compartidos.

Desarrollo del sitio – Proteger o restaurar el hábitat.

En este crédito pretende conservar los sitios naturales y restaurar sitios afectados para así proporcionar hábitats y promover la biodiversidad.

En sitios que hayan sido desarrollados posteriormente se debe restaurar o proteger por lo menos el 50% del sitio, si se excluye la planta del edificio, o el 20% del área total del lote si se incluye la planta del este, la que sea mayor, con vegetación nativa o que se adapte al sitio.

Desarrollo del sitio – Maximizar el espacio abierto.

Este crédito pretende proporcionar un alto porcentaje de espacio abierto sobre la planta del edificio, promoviendo así la biodiversidad. Este crédito dependerá de la existencia o no de códigos, normas o planes locales que tengan requerimientos del espacio abierto. Si el proyecto se desarrolla en un lugar donde existan requerimientos de espacio abierto en el ordenamiento territorial, la cantidad de estas zonas dentro del lote del proyecto deben ser superiores en un 25% como mínimo a las áreas requeridas. Si el tipo de proyecto no tiene normas, códigos o planes de ordenamiento territorial, se debe proporcionar un área de espacio abierto con vegetación, igual a la planta del edificio. En aquellos casos donde existan códigos, normas o planes de ordenamiento territorial pero no existan requerimientos de espacio abierto, se debe proporcionar un área de espacio abierto vegetada igual al 20% del área del proyecto.

Diseño para las aguas lluvia – Control de la Cantidad.

Este crédito pretende disminuir el impacto generado en los cursos naturales de agua causado por la impermeabilización del sitio donde se desarrolla el edificio. Para limitar esta perturbación se requiere disminuir la superficie impermeable del proyecto, reduciendo o eliminando la contaminación de las aguas lluvias de escorrentía. En aquellos casos donde el sitio existente tenga una

impermeabilidad menor al 50%, se debe implementar un plan de manejo del agua lluvia que prevenga que el volumen y el caudal pico de descarga generado después de la construcción, exceda el caudal y el volumen pico antes del desarrollo del proyecto para la precipitación calculada para 24 horas en un período de retorno de 2 años o implementando un plan de gestión de las aguas lluvias que proteja los canales de recolección de excesiva erosión, el cual incluya estrategias para controlar el caudal y proteger los canales. En aquellos sitios donde la impermeabilidad sea mayor al 50% se debe implementar un plan de manejo del agua lluvia que reduzca por lo menos un 25 % el volumen de agua lluvia de escorrentía para la precipitación calculada para 24 en un período de retorno de 2 años.

Diseño para las aguas lluvia – Control de la Calidad.

Este crédito tiene como fin limitar la contaminación en las fuentes de agua naturales manejando el agua lluvia de escorrentía. Para cumplir con este crédito se pretende desarrollar un plan de manejo del agua lluvia que reduzca las superficies impermeables del proyecto, de manera que se aumente la infiltración, capturando y tratando el agua lluvia de escorrentía para un 90% del promedio anual de precipitación utilizando las “Mejores Prácticas de Gestión” para remover los sólidos de suspensión de las aguas lluvias como son: pavimentos porosos, humedales construidos, cuencas de infiltración, pavimento con aperturas, etc. de manera que se remueva por los menos el 80% del promedio anual del total de sólidos de suspensión del promedio anual en la carga después del desarrollo del proyecto.

Efecto “Isla calor” – Elementos diferentes al techo.

Este crédito pretende reducir las “islas de calor” y de esta manera minimizar el impacto que generan los edificios en el microclima, en los humanos y en los hábitats silvestres. Esto se logra si en el 50% de las superficies duras utilizadas en el paisajismo(incluyendo parqueaderos, calles, andenes, etc.) del proyecto se utilizan estrategias como: proporcionar sombra con los árboles existentes o con los árboles a instalar, proveer sombra con paneles solares, proveer sombra con elementos arquitectónicos con Índice de reflectancia solar(SRI, por sus siglas en inglés) mayor a 29, utilizando materiales para superficies duras utilizadas en el paisajismo con un SRI mayor a 29 o utilizando pavimentos permeables. De igual manera este crédito se puede cumplir si el 50% de los parqueaderos del proyecto

están bajo techo, teniendo en cuenta que cualquier techo o sombra que se le de a los parqueaderos debe ser con elementos que tengan un SRI mayor a 29.

Efecto “Isla calor” – Elementos del techo.

En el caso de proyectos donde el techo tenga una baja inclinación se debe instalar para el 75% del este, materiales con un SRI mayor 78 o instalar cubiertas verdes para el 50% del techo como mínimo.

Reducción de la contaminación Lumínica.

Este crédito pretende reducir el impacto generado por la luz artificial en los ambiente nocturnos. Este crédito puede ser obtenido, reduciendo en la iluminación interior, la potencia de las lámparas interiores del edificio que no sean salidas de emergencia, al menos en un 50% entre las 11 p.m. y las 5 a.m (utilizando sensores de presencia). De igual manera se debe cumplir con los requerimiento de la ANSI/ASHRAE/IESNA 90.1-2007 para las iluminaciones exteriores.

Categoría 2. Eficiencia en el uso del agua.

Busca reducir el consumo de agua potable, el uso de aguas superficiales y subterráneas y disminuir las cargas de aguas residuales generadas por las edificaciones.

En esta categoría se tiene 1 prerrequisito, 3 créditos y 10 puntos.

El prerrequisito de esta categoría es:

Reducción en el uso del agua.

Este prerrequisito busca mejorar la eficiencia en el uso del agua de la edificación, para así reducir la carga del suministro municipal de agua potable y en los sistemas de aguas residuales, utilizando estrategias que busquen reducir por lo menos el 20% del uso de agua de acuerdo a los valores que se muestran como base en la de consumo de sanitarios, orinales, duchas y griferías. En la Tabla 3 se muestra la base de cálculo de los consumos mínimos que requiere la certificación LEED.

Tabla 3 Base de consumo para el cálculo de la certificación LEED.

Instalaciones, aparatos y accesorios residenciales	Base de consumo
Sanitarios residenciales	1,6 galones por uso
Grifería de lavamanos residenciales	2,2 gpm a 60 psi
Grifería de cocinas residenciales	
Duchas residenciales	2,5 gpm a 80 psi

Los 3 créditos de esta categoría son:

Uso eficiente del agua en el paisajismo.

Con este crédito se pretende limitar el uso de agua potable, aguas subterráneas o aguas superficiales para la irrigación del paisajismo, reduciendo en por lo menos un 50% el uso de agua de acuerdo con una base calculada para el verano, utilizando estrategias como:

- Utilizar agua lluvia capturada.
- Irrigación eficiente.
- Utilizar aguas residuales recicladas.
- Tipos de plantas, densidad y factores micro-climáticos.
- El agua subterránea bombeada de las fundaciones o cimentaciones, puede ser utilizada en irrigación del paisajismo siempre y cuando no afecte el plan de gestión de aguas de escorrentía del sitio.

Si se logra reducir en un 100% el uso de agua potable para irrigación se obtendrá un mayor puntaje.

Tecnologías innovadoras para aguas residuales.

Este crédito busca reducir la generación de aguas residuales y la demanda de aguas potable contribuyendo al incremento en el acuífero local, reduciendo el transporte de aguas residuales en un 50%, utilizando sanitarios y orinales ahorradores o que no utilicen agua potable. De igual manera se puede tratar en sitio el 50% de las aguas residuales hasta estándares terciarios e infiltrarla en sitio o utilizarla en el sitio.

Reducción en el uso del agua.

Este crédito tiene el mismo fin y los mismo requerimientos del prerrequisito de esta categoría, a diferencia que este otorga puntaje si se logra reducir el uso de agua en un 30%, en un 35% o en un 40%; aportando mayor puntaje a medida que se aumente el porcentaje de reducción de uso de agua.

Categoría 3. Energía y Atmósfera.

Inspección fundamental de los sistemas energéticos del edificio.

Este crédito pretende verificar que los sistemas energéticos del proyecto, se encuentren instalados y calibrados de acuerdo a los requerimientos de los dueños del proyecto, de manera que se encuentren de acuerdo lo especificado en el diseño y en la construcción. Se deben verificar los sistemas de ventilación, calentamiento, aire acondicionado y refrigeración, así como los controles de iluminación y de luz natural, los sistemas de calentamiento de agua y los sistemas de energía renovable.

Desempeño mínimo energético.

Este crédito busca establecer un nivel de eficiencia energético mínimo para el edificio a desarrollar y los sistemas a instalar y así contribuir a reducir los impactos ambientales y económicos asociados al uso excesivo de energía.

Para conseguir este prerrequisito en la certificación LEED para proyectos de vivienda masiva se debe hacer una simulación energética completa del edificio y demostrar una reducción del 10% comparándolo con una base de desempeño energético del edificio calculada de acuerdo a las consideraciones que tiene el método de desempeño energético para edificio del Apéndice G del Estándar 90.1-2007 de la ANSI/ASHRAE/IESNA.

Gestión fundamental de los refrigeradores.

Este crédito pretende que los refrigeradores que se utilicen en los sistemas de ventilación, calentamiento y aire acondicionado no utilicen clorofluorocarbonos, así contribuir a reducir el deterioro de la capa de ozono.

En Ciudad Central no se pretende instalar sistemas de aire acondicionado, de calentamiento ni de ventilación, por lo tanto este crédito se cumpliría.

Optimizar el desempeño energético.

Este crédito busca incrementar el nivel de eficiencia energético del edificio a desarrollar y los sistemas a instalar y así contribuir a reducir los impactos ambientales y económicos asociados al uso excesivo de energía.

Para conseguir puntaje en este crédito para proyectos de vivienda masiva se debe hacer una simulación energética completa del edificio y demostrar una reducción del 12% al 48% comparándolo con una base de desempeño energético del edificio calculada de acuerdo a las consideraciones que tiene el método de desempeño energético para edificio del Apéndice G del Estándar 90.1-2007 de la ANSI/ASHRAE/IESNA.

Energía renovable en sitio.

Este crédito busca aumentar los niveles de energía renovable in-situ dentro del proyecto y así reducir los impactos asociados al uso de energías procedentes de

combustibles fósiles. De acuerdo a los niveles de energía renovable producida in-situ se otorgará mayor puntaje.

Inspección mejorada.

Este crédito busca que la etapa de inspección empiece desde el proceso de diseño del proyecto

Gestión mejorada de los Refrigerantes.

Este crédito pretende reducir el uso de refrigerantes para así reducir el deterioro de la capa de ozono y minimizar así los impactos generados en el cambio climático.

Verificación y medidas.

Este crédito pretende realizar una verificación y una medición del ahorro de energía que está presentando la edificación, de manera que se estime cual es el ahorro energético una vez esté funcionando el proyecto y determinar si se deben tomar medidas para obtener un ahorro energético.

Energía Verde.

Este crédito pretende incentivar el uso de energía renovable, de manera que por lo menos el 35% de la electricidad del proyecto sea proveniente de fuentes renovables, como lo definen los requerimientos de la certificación del Centro para la Solución de Recursos Energéticos Verdes, en por lo menos dos años.

Categoría 4. Materiales y recursos.

Esta categoría busca reducir el uso de materias primas, fomentar el reciclaje, conservar los recursos, reducir los desechos sólidos minimizando los impactos en el medio ambiente generados por la extracción de materias primas de construcción y el transporte de estos.

En esta categoría se tiene 1 prerrequisito, 9 créditos y 14 puntos.

El prerrequisito de esta categoría es:

Almacenar y recolectar reciclables.

Este prerrequisito pretende fomentar el reciclaje de los ocupantes, para así reducir los residuos generados por los ocupantes de la edificación que son transportados y depositados en rellenos sanitarios. Esto se logra proporcionando un área de fácil acceso para la recolección y el almacenamiento de materiales reciclables para todo el edificio, siendo los materiales reciclables como mínimo: papel, cartón, vidrio, plásticos y metales.

Los 9 créditos son:

Reutilización del edificio – Mantener muros existentes, pisos y techos.

Este crédito solo aplica para proyectos de grandes reformas, por lo tanto no será del objeto de estudio de este trabajo.

Reutilización del edificio – Mantener los elementos no estructurales del interior.

Este crédito solo aplica para proyectos de grandes reformas, por lo tanto no será del objeto de estudio de este trabajo.

Gestión de los residuos de construcción.

Este crédito busca evitar la disposición de residuos de construcción y demolición en vertederos, dirigiendo los materiales reciclables recuperados hacia el proceso de fabricación y aquellos materiales que sean reutilizables a lugares apropiados. Esto se logra desarrollando un plan de gestión de los residuos de construcción que identifique por lo menos que materiales serán desviados de vertederos y si serán clasificado in-situ o se hará reciclaje mezclado. Para la obtención de puntos se debe reciclar o recuperar por lo menos un 50% o un 75%, para mayor puntaje, de los residuos, sin tener en cuenta el material de excavación. Este porcentaje puede ser calculado con base al precio o el volumen total de los materiales reciclados o reutilizados.

Reutilizar materiales.

Este crédito pretende reutilizar materiales y productos de construcción, reduciendo así la demanda de materiales vírgenes y los residuos generados, de manera que se utilicen materiales recuperados, reformados o reusados que equivalgan a un 5% o 10% del valor total de proyecto, sin tener en cuenta los

componentes eléctricos, mecánicos y de plomería. A mayor porcentaje de materiales utilizados mayor puntaje.

Contenido reciclado.

Con este crédito se busca incrementar el uso de materiales en el edificio que incorporen materiales reciclados, reduciendo así los impactos generados de la extracción y el procesamiento de materias primas. Para lograr este crédito se deben utilizar materiales reciclados de manera que la suma de materiales post-consumidor, (que no pueden ser utilizados para el propósito que tenían) más la mitad de los materiales pre-consumidor (residuos generados durante el proceso de fabricación) constituyan por lo menos el 10% o el 20%, basado en el costo, de los materiales del proyecto. A mayor valor de materiales con contenido reciclado mayor puntaje.

Materiales regionales.

Este crédito busca incentivar el uso de materiales y productos que son extraídos, recuperados y producidos en la región, reduciendo el impacto en el medio ambiente causado por el transporte. Para cumplir con lo que este crédito requiere, por lo menos el 10% o el 20% del valor total de los materiales y productos del proyecto deben ser extraídos, recuperados y producidos en menos de 804 kilómetros del sitio donde se ubica el proyecto.

Materiales de rápida renovación.

Este crédito busca reducir el uso de materias primas no renovables y de largos ciclos de renovación, reemplazándolos por materiales de rápida renovación, de manera que se utilicen en el proyecto este tipo de materiales un 2,5% del valor total de los materiales y productos utilizados. Los materiales de rápida renovación están hechos de plantas que son reforestadas en unos ciclos menores a 10 años.

Madera certificada.

Este crédito busca fomentar la tala sostenible y responsable de bosques, de manera que por los menos el 50% de los materiales y productos compuestos de madera utilizados en la construcción estén certificados de acuerdo a los criterios y principios del Consejo de Administración de Bosques (FSC, por sus siglas en inglés).

Categoría 5. Calidad del ambiente interior.

Desempeño mínimo de la calidad del ambiente interior.

Este crédito pretende garantizar un desempeño mínimo de la calidad del ambiente interior del edificio para contribuir así al confort de los ocupantes y a mejorar la calidad de vida de estos. En el caso de proyectos naturalmente ventilados se debe cumplir con el Parágrafo 5.1 de la norma ASHRAE 62.1-2007.

Control del ambiente libre de humo de tabaco.

Este crédito pretende minimizar en la mayor medida posible el contacto de los ocupantes del edificio, los interiores del edificio y los sistemas de ventilación con el humo del tabaco. Esto se logra prohibiendo fumar a 7,62 metros de las entradas del edificio, los sistemas de recolección de aire exterior y de las ventanas operables, proporcionando un área designada para fumadores o prohibiendo fumar en toda la edificación. De igual manera para proyectos residenciales se logra prohibiendo fumar en todas las áreas comunes del edificio, localizando lugares para fumadores a 25 ft de las entrada del edificio, los

sistemas de ventilación y las ventanas operables; sellar las ventanas y puertas exteriores y que comuniquen con los puntos fijos para reducir así la filtración de aire hacia el exterior.

Los 15 créditos son:

Monitoreo de la entrada de aire exterior.

Este crédito pretende monitorear los sistemas de ventilación para mejorar la calidad de vida y el confort de los ocupantes. En el caso de lugares ventilados naturalmente, se debe monitorear las concentraciones de CO₂ en estos espacios.

Ventilación mejorada.

Este crédito pretende suministrar ventilación exterior adicional al proyecto, para mejorar la calidad del aire mejorando la calidad de vida, el confort de los ocupantes y su productividad. En el caso de lugares ventilados naturalmente se deben demostrar que la ventilación natural del proyecto es una estrategia efectiva siguiendo las pautas del Manual de aplicaciones 10:2005, para ventilación natural en edificios no domésticos de CIBSE. Igualmente se puede cumplir este crédito realizando un modelo que prediga, espacio por espacio, las corrientes de viento van a ventilar naturalmente y de manera efectiva el edificio, siguiendo los requerimientos de la normas ASHRAE 62.1-2007.

Plan de manejo de la calidad del aire interior de la construcción- Durante la construcción.

Este crédito pretende reducir los problemas de la calidad del aire interior causados por la construcción y así ayudar a mantener los niveles de confort y el bienestar de los trabajadores durante la construcción. Para el cumplimiento de

este crédito se debe desarrollar un Plan de gestión de la calidad del aire interior para la construcción y antes de la ocupación de acuerdo a las recomendaciones de la guía para edificios ocupados bajo construcción SMACNA (Sheet Metal and Air Conditional Contractors Association), proteger los elementos absorbentes almacenados e instalados de daños por humedad.

En el plan de gestión de la calidad del aire interior, se puede pensar en utilizar concreto premezclado en vez del concreto fabricado en obra, reduciendo así la contaminación del aire por polvo durante la fabricación del concreto en la obra. En el proyecto Ciudad Central se tienen presupuestados ayudante dedicados únicamente al aseo de la obra durante la etapa de construcción. Adicionalmente al no tener equipos de aire acondicionado en el proyecto **Ciudad Central**, durante ninguna etapa de la construcción ni de ventilación, no es necesario tener en cuenta las consideraciones que tiene con estos equipos.

Plan de manejo de la calidad del aire interior de la construcción- Antes de la ocupación.

Para cumplir con este crédito se pretende desarrollar un Plan de gestión de la Calidad del aire interior una vez se hayan instalado todos los acabados y el edificio se encuentre completamente limpio antes de ser ocupado. En el caso de proyecto ventilados naturalmente, se debe hacer un ensayo utilizando los protocolos comprendidos en el Método para determinar la contaminación del Aire de la EPA o el método ISO mencionado la guía de certificación LEED para nuevas construcciones.

Materiales de Baja emisión- Sellantes y Adhesivos.

Este crédito pretende reducir la cantidad de contaminantes del aire interior dentro del edificio, mejorando la calidad de vida y la salud de los instaladores y los ocupantes. Este crédito es cumplido si los adhesivos y sellantes utilizados dentro del proyecto tienen bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV) de acuerdo a los requerimientos del Distrito de la Costa Sur para la

gestión de la calidad del aire. Estos requerimientos muestran los niveles de COV permitidos para diferentes tipos de sellantes y adhesivos.

Materiales de Baja emisión- Pinturas y Sellantes.

Este crédito es cumplido si las pinturas y recubrimientos utilizados dentro del edificio tienen bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV) de acuerdo a los requerimientos del GREEN SEAL STANDARD para pinturas y pinturas anticorrosivas.

Materiales de Baja emisión- Sistemas de Piso.

Este crédito es cumplido si los materiales utilizados para la instalación de los pisos en del proyecto tienen bajo contenido de compuestos orgánicos volátiles (COV).

Materiales de Baja emisión- Madera compuesta y Fibras agrícolas.

Este crédito se cumple si la madera compuesta y las fibras agrícolas utilizadas dentro del edificio no deben contener resinas de formaldehidos úricos.

Los siguientes 6 créditos de esta categoría no se tomaron en cuenta ya que no hacen parte del proceso constructivo.

- Control de fuentes contaminantes y de químicos en interiores
- Capacidad de control de los sistemas – Iluminación
- Capacidad de control de los sistemas - Confort Térmico
- Confort Térmico – Diseño
- Confort Térmico – Verificación
- Luz natural y vistas - Luz natural

Toda la información descrita en este capítulo corresponden a lo presentado en el Sistema de Calificación LEED 2009 para nuevas construcciones y grandes reformas (USGBC, 2011).

1.3.3 Certificación de construcciones sostenibles en Colombia.

Actualmente en Colombia no existe ninguna ley ni código que certifique o regule las construcciones sostenibles, pero se ha venido adelantando por medio de algunas entidades colombianas la creación e implementación de un sistema que las avale. En el mes de mayo se firmó un convenio entre *la Cámara Colombiana de Construcción (CAMACOL)* y *la Corporación Financiera del Banco Mundial*, para desarrollar lo que se denominará "**Código de la construcción verde**" el cual buscará reglamentar las construcciones sostenibles en Colombia (*Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2011*). Asimismo, el *Instituto de Normas Técnicas Colombiano* está desarrollando con apoyo del *consejo colombiano de la construcción Sostenible* lo que se denominará el "Sello Ambiental Colombiano para edificaciones" el cuál será un sistema de certificación de edificaciones sostenibles en nuestro país (*Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, 2010*).

1.3.4 Generalidades de la Empresa ÓPTIMA S.A vivienda y construcción.

ÓPTIMA S.A. - Vivienda y construcción es una empresa privada, del sector de la construcción dedicada a la gerencia, diseño, construcción y ventas de proyectos de obras civiles, siendo su principal foco de mercado la construcción de vivienda. **ÓPTIMA S.A** es una empresa que lleva 35 años en este sector, se ha caracterizado en el medio, por la calidad de sus productos y el buen servicio que presta a sus clientes.

ÓPTIMA S.A se ha diferenciado en el sector de la construcción por velar siempre por el bienestar de sus empleados, contratistas y trabajadores.

En las obras existe una Escuela donde enseña a leer a los trabajadores, de estas escuelas han salido del analfabetismo más de 400 obreros, asimismo, se organizan torneos internos de fútbol, buscando fortalecer los vínculos de amistad entre sus trabajadores y el disfrute adecuado del tiempo libre, también se ha brindado la posibilidad de que los trabajadores y sus familias puedan disfrutar de clases de natación, en instalaciones de la Liga de Natación de Antioquia.

Actualmente se viene desarrollando un proyecto denominado **Robledo Real**, donde se ha dado la posibilidad a más de 20 trabajadores y sus familias de que tengan vivienda digna y propia.

Actualmente en su plan de expansión, **ÓPTIMA S.A** ha venido desarrollando proyectos de vivienda en la ciudad de Bogotá, y en estos momentos se encuentran dos de ellos en ejecución. Adicional a esto ha implementado un nuevo departamento de licitaciones, buscando ampliar su mercado en proyectos públicos y fortaleciendo su relación con el sector privado.

1.3.5 Descripción general del proyecto Ciudad Central.

Para el desarrollo de este trabajo, se tomó como base, el proyecto **Ciudad Central**, proyecto que actualmente se encuentra en etapa de ventas y construcción por parte de la empresa **ÓPTIMA S.A.**, Ciudad Central está ubicado en el municipio de Bello, en el departamento de Antioquia, entre la Carrera 50 y la Avenida Regional en la altura de la calle 27.

Actualmente en el sitio donde se va a desarrollar este proyecto, se encuentra la planta de producción de aditivos químicos de la empresa NOPCO, la cual será reemplazada por 4 torres de 25 niveles, cada una con 6 apartamentos por piso, un edificio de parqueaderos con capacidad para 548 vehículos, adicionalmente se contará con piscina para niños y adultos, un salón social, un salón auditorio, una pista de skate, 2 canchas recreativas y una zona de juegos para niños, además de los 42 parqueaderos para carros destinados para visitantes y 112 parqueaderos para motocicletas.

El proyecto se encuentra a pocos metros de la estación Madera del metro de Medellín y a pocos metros de la Autopista Norte (Carrera 50), lugar de circulación de gran cantidad de líneas de buses del área metropolitana del Valle de Aburrá lo que convierte a **Ciudad Central** en un proyecto con una ubicación privilegiada, ya que su cercanía a los medios de transporte masivo descritos anteriormente, será un factor determinante en la elección del modo de transporte a utilizar por los habitantes del proyecto, reduciendo así el uso de automóviles, lo que redundará en un menor consumo de gasolina y una disminución de gases contaminantes. Véase en la Figura 1 la Ubicación del proyecto con respecto a las vías cercanas y su cercanía al sistema metro.



Figura 1 Ubicación del proyecto Ciudad Central.
Fuente: www.optima.com.co

2 METODOLOGÍA DEL PROYECTO

A continuación se describe y detalla cada una de las etapas en que fue desarrollado el proyecto.

Etapla 1. Descripción de los aspectos requeridos para que un proyecto de vivienda se adecue a los principios de construcción sostenible y obtenga una certificación LEED.

Para desarrollar el análisis del costo-beneficio de la construcción sostenible en el proyecto de vivienda **Ciudad Central de la Empresa ÓPTIMA S.A** Vivienda y Construcción, fue necesario conocer cuáles eran los aspectos que se debían considerar antes, durante y después de la construcción, de manera que este pueda ser catalogado como una construcción sostenible y así obtener la certificación LEED.

Etapla 2. Consulta sobre los principales productos y servicios ofrecidos en el mercado colombiano para el desarrollo de construcción sostenible.

Una vez comprendidos los principales aspectos de la construcción sostenible en un proyecto de vivienda y las necesidades para la obtención de la certificación LEED, se consultó con los diferentes proveedores de **ÓPTIMA S.A** y en diferentes medios de comunicación como Internet y la revista Construcción Sostenible, Materiales y Sistemas, los diferentes productos y servicios ofrecidos en el mercado colombiano que cumplen con los requerimientos para que el proyecto de vivienda **Ciudad Central** de la empresa **ÓPTIMA S.A** pueda obtener esta certificación. Esta consulta incluyó precios, beneficios y características del producto o servicio ofrecido.

Etapla 3. Cuantificación de los costos del proyecto de vivienda Ciudad Central, bajo los parámetros de sostenibilidad comparados con la manera en que ÓPTIMA S.A ha construido sus proyectos hasta la actualidad.

De acuerdo a los aspectos a tener en cuenta para la obtención de la certificación **LEED**, los productos y servicios ofrecidos en el mercado colombiano y los precios de dichos productos, se hizo un análisis mirando la diferencia entre los costos generados para que el proyecto **Ciudad Central** desarrollado por la

empresa **ÓPTIMA S.A** sea ambientalmente sostenible comparados con el costo de desarrollar el proyecto sin tener en cuenta los requerimientos de edificaciones ambientalmente sostenibles.

ÓPTIMA S.A cuenta con el software SAO (Sistema Administrativo de Obra), el cual permite la elaboración de presupuestos y es una base de datos donde se tiene los análisis de precios unitarios de todas las actividades que se han desarrollado en los diferentes proyectos de la empresa. Este software se empleará para realizar el análisis de la diferencia de los costos generados al acercar el proyecto a una construcción sostenible.

Etapas 4. Evaluación de los beneficios ambientales y económicos que traería desarrollar Ciudad Central, proyecto de vivienda de la empresa ÓPTIMA S.A. implementando construcción sostenible.

Identificados los pasos a seguir para que el proyecto de vivienda **Ciudad Central**, obtenga la certificación **LEED** y analizando la diferencia entre los costos con respecto a la manera tradicional de construir por parte de la empresa **ÓPTIMA S.A**, se hizo un análisis de los beneficios ambientales que podría generar este tipo de construcción, así como los beneficios en materia económica tanto para empresa **ÓPTIMA S.A**. como para las personas que habitarán el proyecto.

3 DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Identificación y descripción de los aspectos necesarios para una construcción sostenible con base en la certificación LEED.

Haciendo un análisis de los créditos que puede cumplir el proyecto

En nuestro país la construcción sostenible es un tema relativamente nuevo, por esto la mayor parte de la información consultada para el desarrollo de este proyecto fue extraída de las bases de datos de la *Escuela de Ingeniería de Antioquia* y de sitios web de diferentes organizaciones como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), el Programa de Naciones Unidas para el Medioambiente (UNEP), el Consejo Mundial de Construcción Sostenible (WGBC) , el Consejo Estadounidense de Construcción Sostenible (USGBC), entre otros.

Esta recopilación de información permitió entender el concepto de una construcción sostenible, que aspectos se deben tener en cuenta para que se construya bajo estos parámetros y adicionalmente identificar los requerimientos de la certificación LEED.

En el desarrollo de este proyecto se hizo una descripción de los aspectos necesarios para que **Ciudad Central**, proyecto de vivienda de la empresa ÓPTIMA S.A. pueda obtener esta certificación de acuerdo con los requerimientos de LEED.

A continuación se hizo un análisis de cómo está el proyecto **Ciudad Central** frente a las categorías **LEED** y sus créditos respectivos.

Categoría 1. Sitios Sostenibles.

El prerrequisito **de prevenir la contaminación durante la construcción**, es de fácil cumplimiento para el proyecto **Ciudad Central** y para las obras de **PTIMA S.A.**

Actualmente **ÓPTIMA S.A** y en particular en el proyecto **Ciudad Central**, se cuenta con un manual de buenas prácticas ambientales en el cual se hace una descripción de los aspectos que se deben tener en cuenta para evitar la erosión y la sedimentación en la obra. Este plan cubre acciones como la construcción de cunetas y cajas sedimentadoras que permitan retener el suelo transportado por agua lluvia o por viento. Se consideran acciones como desarrollar lugares para la salida de volquetas el cual permita un lavado adecuado de estas, previniendo la contaminación por el arrastre de suelo en sus llantas.

Se llevan a cabo acciones como tapar los volcos de las volquetas de manera que se tape completamente el material transportado, evitando así un arrastre por viento del material.

Se cuenta con un Ingeniero Ambiental encargado de revisar en todas sus obras que las consideraciones dadas en este manual se estén cumpliendo.

En cuanto a los 14 créditos que contiene esta categoría ciudad Central cumple varios como son:

Selección del sitio: El proyecto **Ciudad Central** cumple con todos los parámetros definidos, de acuerdo a las consideraciones que tienen este crédito y las características del sitio donde se va a desarrollar el proyecto,

Desarrollo densificado y conectividad de la comunidad.

Véase en la **figura 2** la zona Urbana aledaña al proyecto **Ciudad Central**.



Figura 2 Zona urbana aledaña al proyecto Ciudad Central
Fuente: <http://bello.areadigital.gov.co/institucional/Galeria%20de%20Mapas/Bello%20Urbano.pdf>

La certificación LEED pide que se desarrolle el proyecto en barrios que tengan una vivienda por cada 404 metros cuadrados. En Bello se tiene un número de 38 viviendas cada 404 metros cuadrados, considerando que en Bello se tienen 19.7 kilómetros cuadrados de área urbana (Subsecretaría de Cultura de Bello) y un total de viviendas en esta área de 95.255 (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, 2005) lo cual equivale a un valor muy superior a lo exigido en este crédito.

De igual manera este proyecto se encuentra a menos de media milla de servicios básicos como el supermecado Carrefour, el parque deportivo y recreativo Madera, la Iglesia San Leopoldo Mancic, el colegio parroquial San Buenaventura, entre otros.

Redesarrollo de sitios industrializados contaminados (Brownfield): El proyecto *Ciudad Central* se está desarrollando en la planta de producción de la empresa NOPCO COLOMBIANA S.A., la cual es una compañía dedicada a la fabricación de aditivos químicos para pinturas y adhesivos, lubricantes

metalmecánicos, aceites, detergentes para procesos textiles entre otros, todo esto genera gran cantidad de agentes contaminantes para el medio ambiente.

Con estas consideraciones se puede determinar que el proyecto **Ciudad Central** cumple con este requerimiento, ya que este lote donde se va a desarrollar el proyecto, se puede considerar que está en un sitio industrializado contaminado.

Transporte alternativo – Acceso al transporte público.

El proyecto Ciudad Central se encuentra a menos de 100 metros de la estación Madera del Metro de Medellín, por lo tanto este crédito es cumplido por el proyecto.

Transporte alternativo – Almacenamiento de bicicletas y camerinos: En **Ciudad Central** se destinará un espacio para el almacenamiento seguro de bicicletas, igualmente el proyecto cuenta con cuartos útiles, generalmente cercanos al parqueadero del ocupante, por lo tanto se facilita el almacenamiento de bicicletas en un lugar seguro, se cumple este crédito.

Transporte alternativo – Vehículos de baja emisión y de consumo eficiente: La opción más apropiada para implementar en un proyecto de vivienda como **Ciudad Central** sería proporcionando parqueaderos preferenciales para el 5% de la capacidad total de vehículos del parqueadero. Hay que tener en cuenta que este proyecto tendrá 548 parqueaderos privados y 42 parqueaderos para visitante. De manera que la capacidad total de parqueaderos es de 590 plazas, por lo tanto se debe disponer de por lo menos 30 parqueaderos preferenciales para vehículos de baja emisión o de consumo eficiente de combustible.

Desarrollo del sitio – Proteger o restaurar el hábitat: El proyecto **Ciudad Central** tendrá alrededor 12.765 m² por lo tanto si consideramos el 20% del área total del lote, incluyendo la planta del edificio, se deberá proporcionar vegetación nativa o que se adapte al sitio, a 2553 m² del total del lote. Actualmente en este proyecto se tiene presupuestado arborizar y engramar alrededor de 3000 m², siendo este requisito cumplido por el proyecto.

Desarrollo del sitio – Maximizar el espacio abierto: En el proyecto **Ciudad Central**, este crédito no se cumple, debido a que el área de lote utilizada por el proyecto es mayor a los índices que exige este crédito, se debe pensar si utilizando cubiertas verdes se podría cumplir con este crédito.

Se debe tener en cuenta para cumplirlo en proyectos futuros.

Diseño para las aguas lluvias– Control de la Cantidad: Al estar el proyecto **Ciudad Central**, en un sitio ya desarrollado, con zonas pavimentadas y otras construidas, se espera que la impermeabilidad del sitio sea mayor al 50% por lo tanto instalando cubiertas verdes que ayuden a la retención de agua y almacenando el agua lluvia para una utilización posterior, se podría lograr completar este crédito.

Efecto “Isla calor” – Elementos diferentes al techo: Para lograr cumplir el requerimiento en el proyecto **Ciudad Central**, se recomienda instalar adoquines de colores claros en los parqueaderos y en las vías internas del proyecto, reemplazando así el pavimento asfáltico, ya que este último tiene un SRI de 0 y los adoquines de cemento pueden llegar a tener un SRI superior a 50, contribuyendo así el proyecto a disminuir el efecto “Isla calor”.

Efecto “Isla calor” – Elementos del techo: Para el cumplimiento de este crédito en el proyecto **Ciudad Central** se recomienda utilizar cubiertas verdes para el 50% del techo y así aprovechar los diferentes beneficios que tienen estos elementos.

Categoría 2. Eficiencia en el uso del agua.

Reducción en el uso del agua: Para el desarrollo de este crédito, Corona, principal proveedor en sanitarios y griferías de **ÓPTIMA S.A.**, cuenta con sanitarios de doble descarga que permiten un vaciado de menor consumo comparado con los requisitos de LEED, igualmente con la línea Grival, instalando ahorradores en lavaplatos y lavamanos se lograría reducir significativamente el consumo de agua, por lo tanto se recomienda instalar estos dispositivos en **Ciudad Central**. Véase *Cuantificación en Capítulo 3.2*

Igualmente se puede pensar en desarrollar un sistema de tratamiento de aguas grises y de recirculación que permita la utilización de estas, en los sanitarios

En relación a los 3 créditos de esta categoría se tiene:

Uso eficiente del agua en el paisajismo: para lograr este crédito en el proyecto **Ciudad Central** se podría desarrollar un sistema de tratamiento de aguas grises, que permita la reutilización de estas para riego y en sanitarios.

Reducción en el uso del agua: Este crédito tiene el mismo fin y los mismos requerimientos del prerrequisito de esta categoría, este otorga puntaje si se logra

reducir el uso de agua en un 30%, en un 35% o en un 40%; aportando mayor puntaje a medida que se aumente el porcentaje de reducción de uso de agua.

En el proyecto Ciudad Central se tienen presupuestado instalar sanitarios AVANTI PLUS, los cuales tienen un consumo de 1,6 galones por descarga y grifería Grival, para lavamanos y lavaplatos con ahorradores, los cuales tienen un consumo de 2.2 galones por minuto, para las duchas se tiene presupuestado utilizar grifería Grival con un consumo de 2.5 galones por minuto.

Consultando los diferentes productos del mercado, los precios y consumos de estos, se encontraron sanitarios con consumos desde 4 galones por descarga y ahorradores de agua en lavaplatos y lavamanos que tienen un caudal de consumo de 1 galón por minuto, los cuales, si se cambian en el proyecto permitirían la obtención de este crédito. **Véase capítulo 3.2 (Aparatos sanitarios y Grifería).**

Igualmente se recomienda instalar un sistema de tratamiento de aguas que permita la re-circulación de aguas grises en los sanitarios.

Categoría 3. Energía y Atmósfera.

Inspección fundamental de los sistemas energéticos del edificio: en caso de que el proyecto **Ciudad Central** se quiera certificar bajo los parámetros de LEED, se debe tener en cuenta que se debe designar una autoridad de inspección de los sistemas energéticos instalados en el proyecto de acuerdo con los parámetros que define **LEED**.

Desempeño mínimo energético.

Gestión fundamental de los refrigeradores: en Ciudad Central no se pretende instalar sistemas de aire acondicionado, de calentamiento ni de ventilación, por lo tanto este crédito se cumpliría.

Optimizar el desempeño energético: para lograr una mejor eficiencia energética en Ciudad Central se recomienda instalar sensores de ocupación en los puntos fijos, instalar bomba de calor para calefacción de la piscina en vez de calentadores **de gas**. Asimismo se debe recomendar a los propietarios el uso de calentadores de agua eficientes con celdas con paneles solares.

Gestión mejorada de los Refrigerantes: *Ciudad Central* no utiliza sistemas de ventilación, calefacción ni de aire acondicionado, por lo tanto este crédito se cumple.

Energía Verde: En el proyecto *Ciudad Central* y en general, los proyectos desarrollados en el departamento de Antioquía utilizarán energía renovable como es la energía hidráulica. En Colombia el 85,6% de la energía generada es hidráulica (Rodríguez, 2010).

Categoría 4. Materiales y recursos.

Almacenar y recolectar materiales reciclables: En el proyecto *Ciudad Central* se recomienda construir un doble Shut de basura, para fomentar en los habitantes, la separación en la fuente de los residuos sólidos, así como un espacio designado para la separación de estos residuos, lo que permitiría cumplir el prerequisite.

Reutilización del edificio – Mantener muros existentes, pisos y techos: No aplica para proyectos nuevos.

Reutilización del edificio – Mantener los elementos no estructurales del interior: Este crédito solo aplica para proyectos de grandes reformas, por lo tanto no será del objeto de estudio de este trabajo.

Gestión de los residuos de construcción: Para poder reciclar los residuos provenientes de la construcción es necesario tener un buen sistema de separación de residuos en la fuente, es decir en la obra. Actualmente en los proyectos de *ÓPTIMA S.A* y particularmente en el proyecto *Ciudad Central*, existe un espacio diseñados para este fin, pero, para cumplir con este propósito y con este crédito se recomienda instalar contenedores plásticos o metálicos que contribuyan a una mejor separación en la fuente de los residuos, separando en la obra por lo menos escombros, plásticos, papel y cartón, metales y vidrio.

Reutilizar materiales: En el proyecto *Ciudad Central* este crédito no se cumple, debido al volumen que maneja el proyecto no es factible reutilizar el volumen de material que este crédito requiere.

Contenido reciclado: En el Proyecto Ciudad Central se cumple este crédito, pues el acero de refuerzo, suministrado por Ferrasa, es totalmente reciclado. Adicionalmente los adobes son fabricados con material sobrante.

Materiales regionales: En **Ciudad Central** y en general en los proyectos de **ÓPTIMA S.A.** obtener este crédito es relativamente sencillo, ya que productos como los agregados pétreos son extraídos en los municipios del Valle de Aburrá y el cemento que en el proyecto **Ciudad Central**, representa alrededor del 30% de los materiales utilizados, es extraído, procesado y transportado desde el municipio de Río Claro, ubicado aproximadamente a 100 kilómetro del proyecto.

Madera certificada: Se cumple, pues Pizano es un proveedor de cocinas, closets, puertas, muebles, marcos que cuenta con el certificado FSC en el manejo de sus bosques, e igualmente su producto Tablex tiene esta certificación. En el proyecto **Ciudad Central** y varios proyectos de **ÓPTIMA S.A.**, se utilizan sus productos.

Categoría 5. Calidad del ambiente interior:

Desempeño mínimo de la calidad del ambiente interior: El proyecto **Ciudad Central** cumple con este requerimiento, los diseños arquitectónicos de la Empresa **ÓPTIMA S.A** buscan siempre que sus proyectos tengan una adecuada ventilación y en este caso **Ciudad Central** no es la excepción. En este proyecto se tuvo en cuenta la ubicación y la rotación de las torres, para así aprovechar el flujo de aire dentro de los apartamentos, que en este caso el flujo del aire se da de norte a sur. Adicionalmente el área de ventilación de cada ventana operable de los apartamentos del proyecto es mayor o igual al 4 % cumpliendo de igual manera con los requerimientos de la certificación LEED, para edificaciones ventiladas naturalmente.

Control del ambiente libre de humo de tabaco: Para cumplir este prerrequisito, se debe, invitar a los habitantes del proyecto **Ciudad Central** para que no fumen en las áreas comunes del Edificio, adicionalmente en ciudad Central se recomienda construir un espacio destinado para fumadores.

Materiales de baja emisión: En el proyecto Ciudad Central se tiene presupuestado utilizar adhesivos y sellantes de Sika, la cual es una empresa líder en la fabricación de materiales con bajos contenidos de materiales

orgánicos. Adicionalmente la Pintura Vinilo Tipo 1, presupuestada para instalar en el proyecto **Ciudad Central** también cumple con estas características.

3.2 Costos y beneficios de construcción sostenible en el proyecto Ciudad Central de la Empresa ÓPTIMA S.A. Vivienda y Construcción.

A continuación se describen y detallan diferentes consideraciones, actividades y procesos constructivos que podrán ayudar a la empresa ÓPTIMA S.A. y en particular al proyecto **Ciudad Central**, para adecuarse bajo los criterios de una construcción sostenible, apoyándose en los temas abordados por la certificación LEED.

Cubiertas Verdes.

Las cubiertas verdes tienen la capacidad de mantener el agua lluvia, disminuyendo el flujo de escorrentía, previniendo la entrada del agua lluvia en los sistemas de aguas residuales, logrando así una reducción importante en el tratamiento de las aguas lluvias. Estas cubiertas también aumentan el aislamiento térmico y acústico, crean nuevos hábitats para fauna, mejoran la calidad del aire, aumentan la vida útil de la impermeabilización y disminuyen el efecto urbano de la isla de calor. (Compton, 2006)

Las cubiertas verdes por lo general tienen 5 capas, una barrera impermeable anti-raíz, una capa de drenaje que permite que la lluvia pueda correr por un desagüe, conservando la humedad para los periodos secos, una capa que consiste en un filtro que evita que las partículas finas obstruyan la capa de drenaje, el medio de cultivo que aporta nutrientes para las plantas y finalmente una capa vegetal. Estas pueden ser clasificadas de tipo intensivo o extensivo, siendo las de tipo extensivo las que tienen menor cobertura vegetal y su espesor varía entre 5 y 15 cm. (López, 2010)

Para el proyecto **Ciudad Central**, se recomienda instalar cubiertas verdes en las 4 torres para un 50% del área de la cubierta en cada una de ellas, contribuyendo así a reducir el efecto de isla calor del proyecto, aumentar la vida útil de la impermeabilización, mejorar el aislamiento térmico de la cubierta, controlando los problemas de agrietamientos en el piso superior de cada torre que se dan en este tipo de estructuras por los fenómenos de refracción y contracción debido a los cambios de temperatura de la cubierta, también disminuye la escorrentía que fluye a través de la cubierta.

En los proyectos de **ÓPTIMA S.A.** y particularmente en **Ciudad Central**, se tiene presupuestado instalar un manto granillado marca Novatec, el cual tiene un precio a todo costo aproximado de \$24.000 COP el cual es instalado por la empresa Proasfálticos S.A. Esta misma empresa ofrece el servicio de instalación de la impermeabilización, el manto anti-raíz y el sistema de filtros para las cubiertas verdes.

En la Tabla 4 se muestra el análisis de precio unitario para un m² de cubierta verde, utilizando un espesor de suelo orgánico de 15 cm y cubiertas vegetales en Ivy o en Maní forrajero, plantas recomendadas por los proveedores de la impermeabilización, ya que su raíz no es agresiva con el manto, permitiendo una estabilidad en el tiempo.

Tabla 4 Análisis de Precio Unitario para una cubierta verde extensiva

Cubierta Verde (m2)	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Impermeabilización con manto anti-raíz , capa de polipropileno y drenaje	m2	1	COP 96,200	COP 96,200
Tierra Abonada	m3	0.15	COP 50,000	COP 7,500
Planta Maní Forrajero	unidad	4	COP 600	COP 2,400
Planta Ivy	unidad	3	COP 1,300	COP 3,900
			Total	COP 110,000

Para el proyecto **Ciudad Central** se tiene presupuestado instalar 2.316 m² de cubiertas, por lo tanto si el 50% de las cubiertas a instalar son verdes, el incremento en costos será como se muestra en la

Tabla 5.

Tabla 5 Sobrecosto de la cubierta verde.

Costo sin cubiertas verdes	Precio	Unidad	Cantidad	Total	
Manto granillado de 3 mm	COP 24,000	m2	2316	COP 55,584,000	COP 55,584,000

Costo con cubiertas verdes	Precio	Unidad	Cantidad	Total	
Manto granillado de 3 mm	COP 24,000	m2	1158	COP 27,792,000	COP 155,172,000
Cubierta Verde	COP 110,000	m2	1158	COP 127,380,000	

Incremento en costos	COP 99,588,000
----------------------	----------------

Para la implementación del 50% de cubiertas verdes en **Ciudad Central**, el incremento total en los costos es de COP 99.588.000 lo cual incrementa esta actividad en un 279%. Los beneficios económicos y los beneficios ambientales que pueda traer una cubierta verde a un proyecto como **Ciudad Central** no son cuantificables, pero estos al disminuir los picos del flujo de escorrentía en el proyecto, disminuir los deltas térmicos de las terrazas, disminuir los efectos de isla calor del proyecto, mejorar el aislamiento acústico, reducir la contaminación del ambiente, aumentar la vida útil del manto, mejorar la estética de las cubiertas y permitir el aprovechamiento de este espacio, podrán ser variables importantes a considerar para desarrollar este tipo de cubiertas en los futuros proyectos de ÓPTIMA S.A.

Pavimento Asfáltico vs Adoquín.

El pavimento asfáltico, debido a su color, es un material que absorbe toda la energía solar que llega a él en vez de reflejarlo a la atmósfera, contribuyendo así al efecto isla calor que se da en las ciudades. El concreto es un material con índice de reflectancia mucho mayor que el asfalto, dependiendo de igual manera del color del cemento utilizado y de los colorantes. Para reducir el efecto de isla calor en el proyecto Ciudad Central se recomienda instalar adoquín en las vías del proyecto, contribuyendo así en la mitigación de fenómeno que se da en las zonas urbanas.

En **Ciudad Central** se tiene presupuestado la instalación de 545 m² de vías, las cuales están pensadas para ser construidas en pavimento asfáltico, por lo cual se requiere comparar el incremento en costos de instalar adoquín de concreto con colores claros. En la Tabla 6 se hace una comparación del incremento en costos de la instalación de pavimento asfáltico Vs adoquín.

Tabla 6 Diferencia en costos entre Pavimento Asfáltico y Pavimento en Adoquín.

	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Pavimento Asfáltico	m2	545.00	COP 26,865	COP 14,641,425
Base Granular	m3	136.25	COP 55,000	COP 7,493,750
TOTAL				COP 22,135,175
	Unidad	Cantidad	Precio	Total
Pavimento en Adoquín	m2	545.00	COP 53,208	COP 28,998,360
Base Granular	m3	109.00	COP 55,000	COP 5,995,000
TOTAL				COP 34,993,360
Diferencia en costos por m ²		COP 23.593	Diferencia en costos total	COP 12,858,185

La diferencia en costos en esta actividad, por m², es considerable ya que el adoquín cuesta alrededor de un 35% más por m², sin embargo al ser una actividad que no representa, globalmente, una diferencia muy grande en costos, se podría pensar en instalar adoquín en concreto y obtener los beneficios ambientales que ello representa.

Separación de Residuos Sólidos durante la construcción.

Para el reciclaje de cartón y papel, plástico, metal y vidrio se recomienda instalar

en las obras contenedores plásticos de 1600 litros, ya que estos pueden almacenar un volumen grande de residuos y son de fácil manejo. En el mercado colombiano, la empresa Rotoplast ofrece este tipo de dispositivos de almacenamiento los cuales pueden tener diferentes colores y son producidos con materiales reciclables. Este sistema permitiría el reciclaje eficiente de estos residuos y un mejor control de este proceso, de manera que los residuos producidos en la obra puedan ser vendidos a diferentes empresas que los utilizan como materia prima y entregándolos en mejor estado, garantizando así un mejor proceso de reciclaje de estos materiales. En la Tabla 7 se muestra el costo de este sistema de separación de residuos sólidos.

Tabla 7 Costo de canecas de 1.600 litros para separación de residuos sólidos.

Producto	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
Caneca de 1600 litros	COP 1.400.000	4	COP 5.600.000

Adicionalmente en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá opera una empresa dedicada al manejo integral de los escombros de construcción llamada Sinesco, la cual en su sistema de operación cuenta con una caja especial diseñada para que la volqueta, utilizando un sistema de cargue y descargue por gato hidráulico, pueda depositar una caja vacía y retirar una caja llena de escombros, en una operación de mayor rapidez y mayor limpieza comparándola con el cargue manual de las volquetas, que se hacen actualmente en los diferentes proyectos de la empresa.

La caja se dispone en la obra en un espacio de 6,5 m de largo por 1,5 metros de ancho y permite que el llenado de esta se haga a nivel de piso, sin necesidad de re-paliar los escombros, para luego ser recogida por las volquetas de esta empresa, depositando de manera controlada y segura estos residuos en las diferentes escombreras de la ciudad legalmente autorizadas. En este proyecto se tienen presupuestado botar 3558 m³ de escombros, en la

Tabla 8 se muestra el incremento en costos debido a la implementación del sistema que ofrece Sinesco para la gestión de los escombros.

Tabla 8 Costo de implementación del sistema de Sinesco para almacenar y disponer escombros.

Proceso o producto	Unidad	Precio Unitario	Cantidad	Precio Total
Cargue + Botada de escombros	m ³	COP 22.000	3588	COP 78.936.000
Disposición de escombros por Sinesco	m ³	COP 23.900	3588	COP 85.753.200

Incremento por m ³	COP 1.900
Incremento total	COP 6.817.200

Separación de residuos sólidos durante la ocupación.

La separación de residuos sólidos durante la fase de ocupación y operación del proyecto es de fundamental importancia para el reciclaje de residuos sólidos, ya que de esta manera se podrá reducir el área de ocupación de los rellenos sanitarios utilizando los residuos reciclables como materias primas para diferentes industrias que los utilizan y reducir así la extracción de recursos naturales alrededor del mundo.

Para incentivar a los ocupantes del proyecto Ciudad Central al reciclaje de sus residuos y hacer una separación adecuada en la fuente de estos, se analizará la posible implementación de instalar doble shut de basuras en cada una de las torres, de manera que para cada torre uno sea utilizado únicamente para residuos orgánicos y no reciclables, y el otro para residuos reciclables. En la Tabla 9 se muestra cual sería el incremento en costos de implementar este doble sistema, en el cual para el precio unitario, se incluyen todos los accesorios necesarios para la instalación y funcionamiento del shut de basuras.

Tabla 9 Incremento en costos de instalar doble Shut de basuras.

Shut de basuras individual(4 torres)			
Unidad	Cantidad	Precio	Total
m	228.8	COP 150.225	COP 34.371.480
Doble Shut de basuras(4 torres)			
Unidad	Cantidad	Precio	Total
m	457.6	COP 150.225	COP 68.742.960

Incremento en costo	COP 34,371.480
---------------------	----------------

Concreto premezclado vs Concreto preparado in-situ.

La fabricación de concreto en obra es una actividad que contribuye en gran medida a la generación de ruido y a la contaminación del aire por el polvo que produce esta actividad. El concreto premezclado, además de los beneficios que tiene la calidad de este producto, es una buena alternativa para reducir la contaminación del aire y disminuir el nivel de ruido en la obra, al mismo tiempo que se disminuye el desperdicio generado en la fabricación del concreto in-situ, adicional a esto en la obra se estaría reduciendo el consumo energético de la concretadora. Es por esta razón que para la obra Ciudad Central se recomienda utilizar concreto premezclado para las fundaciones, muros, losas, estructuras para parqueaderos y obras de urbanismo, contribuyendo así a la salud de los trabajadores en la obra y la calidad de vida de estos y a una reducción en el uso de materiales vírgenes debido a una menor generación de desperdicios.

De acuerdo con las cantidades de obra de concreto para el proyecto, incluyendo losas y muros de las cuatro torres, fundaciones de las torres y del edificio de

parqueaderos, pórticos del edificio de parqueaderos y obras de urbanismo. Se muestra en la

Tabla 10, el análisis en el incremento de los costos utilizando concreto premezclado y concreto preparado en el sitio. Para este análisis se tuvo en cuenta lo presupuestado inicialmente y lo cotizado por Argos, principal proveedor de cementos y concretos premezclado de **ÓPTIMA S.A.**

Tabla 10 Incremento en costos utilizando concreto premezclado comparado con el concreto preparado en obra.

			Concreto preparado en obra	Concreto premezclado		
Resistencia	Unidad	Cantidad	Precio/m3	Precio/ m ³	Diferencia Unitaria	Diferencia Global
2000 PSI	m ³	1064	COP 202.331	COP 215.000	COP 12.669	COP 13.479.816
3000 PSI	m ³	18708.5	COP 230.440	COP 248.543	COP 18.103	COP 338.679.976
4000 PSI	m ³	2694	COP 256.742	COP 274.019	COP 17.277	COP 46.544.238
5000 PSI	m ³	2694	COP 288.888	COP 302.106	COP 13.218	COP 35.609.292
					TOTAL	COP 434.313.322

Adicionalmente si hacemos un análisis del consumo energético de la concretadora de 3 sacos, que se tiene presupuestado utilizar, la cual tiene una potencia de 16.2 kW, de acuerdo con las especificaciones del fabricante, para la preparación del concreto en la obra se tendrá que el consumo energético será como se muestra en la Tabla 11 de acuerdo al número de horas que se espera trabaje la concretadora cada día de trabajo, el número esperado de días que se fabriquen concretos al mes y el número de meses que se espera estará funcionando esta concretadora.

Tabla 11 Consumo energético de la concretadora.

Concretadora de 3 Sacos

Potencia (kW)	Horas de trabajo diario	Días de trabajo mensual	Meses de trabajo	Precio /kWh
16.2	8	24	20	COP 343
			TOTAL	COP 21.337.344

En caso de utilizar concreto premezclado, se debe tener en cuenta que la empresa estará incurriendo en unos gastos aproximados de COP 434.313.322, teniendo en cuenta que se podrá tener un ahorro en el consumo de energía de COP 21.337.344 por la no utilización de la concretadora.

Sensores de ocupación.

Con el fin de optimizar el uso de la energía, reduciendo el consumo de esta en los puntos fijos del proyecto, se recomienda instalar sensores de ocupación en cada uno de los pisos de las 4 torres, de manera que estos sitios solo permanezcan encendidos cuando sea necesario. De acuerdo con la experiencia del diseñador eléctrico del proyecto, Giraldo Vélez S.A., los puntos fijos generalmente permanecen encendidos las 24 horas en proyectos de vivienda, siendo estos una fuente de consumo energético que podrían contribuir en gran medida a la reducción en el consumo energética del proyecto. Se recomienda instalar 3 sensores de presencia en cada piso de las 4 torres. Si se instalan un sensores de presencia, se espera que las lámparas de los puntos fijos, solo se enciendan durante 4 horas en el día, es decir el 16,67% del tiempo que normalmente permanecen prendidos. Cada sensor de presencia, instalado, cuesta COP 135.000, y para todo el proyecto se requieren 300 de estos elementos, esto implica una inversión inicial de COP 40.500.000 para las 4 torres. En cada piso de las 4 torres se instalarán 4 lámparas de 20W de potencia cada una, lo que quiere decir que la potencia de todo el sistema de lámparas de los puntos fijos del proyecto será de 8kW. Si analizamos el consumo energético mensual de los puntos fijos sin sensores de presencia, tendremos que se consumirán 5.760 kWh, que costarán COP 1.975.680. Si se instalan sensores de presencia en los puntos fijos se espera que el consumo energético mensual sea de 960 kWh, los cuales cuestan COP 329.280. Esto implica que el ahorro energético por la instalación de sensores de presencia en los puntos fijos sea de COP 1.646.400 mensuales lo que implica que de acuerdo con la inversión inicial, está será recuperada aproximadamente en 25 meses. Instalando estos sensores

en el proyecto Ciudad Central se tendrían grandes beneficios económicos para la copropiedad, ya que la inversión inicial se estaría recuperando en poco tiempo. Ambientalmente la reducción en el consumo energético ayudará a reducir las emisiones de CO₂, en caso de que la energía sea proveniente de combustibles fósiles, y que se afecten los ecosistemas por la construcción de nuevas hidroeléctricas.

Bomba de calor comparada con calentador a gas.

Para la calefacción de la piscina ÓPTIMA S.A. tenía presupuestado instalar un calentador a gas. El proveedor habitual de los equipos de piscina de ÓPTIMA S.A., Caputi & Vieira, cotizó el sistema de calefacción de la piscina mediante bomba de calor al mismo precio que el sistema de calentador a gas, por lo tanto se hizo una comparación en términos energéticos de los dos calentadores obteniendo los consumo energéticos como se detallan en la Tabla 12.

Tabla 12 Costos de Operación de la bomba de calor comparada con calentador a gas.

	Potencia (kW)	Tiempo de operación mensual(horas)	Precio/kWh	Total
Bomba de Calor	15	180	COP 343	COP 926,100
	Consumo de gas(m3/h)	Tiempo de operación mensual (horas)	Precio del gas/m3	Total
Calentador a gas	20	180	COP 777	COP 2,797,200

Incremento en costo de operación	COP 1,871,100
----------------------------------	---------------

Se puede ver que comparando la bomba de calor con el calentador de gas (para calefacción de la piscina) no genera extra costos, el costo es mismo pero el consumo energético de la bomba de calor es más de la mitad de lo que consume un calentador a gas, lo que redundará en una economía para la copropiedad. Asimismo el CO₂ que se emite a la atmósfera producto de la combustión del gas también se reduce.

Sistema de tratamiento de aguas grises y reutilización de estas.

Para optimizar el uso del agua dentro del proyecto, de manera que se disminuya el consumo de agua potable y se reduzca el vertimiento de aguas residuales en las redes de alcantarillado, se recomienda instalar un sistema de tratamientos de aguas residuales el cual pueda tratar las aguas provenientes del uso de lavamanos, duchas, lavaderos, lavadoras y lavaplatos (aguas grises), permitiendo así el uso de estas en la descarga de sanitarios y en el sistema de riego.

De acuerdo con los datos suministrados por el ingeniero hidro-sanitario del proyecto Mauricio López el consumo de los sanitarios a instalar será aproximadamente de 23 m³ por torre (considerando 5 descargas por persona, 5 personas por apartamento y sanitarios de 6 litros por descarga). Adicionalmente se calcula que la descarga de aguas grises por torre sea de 90 m³ obteniendo así una diferencial de caudal diario de 67 m³, el cual será transportado directamente a la red de alcantarillado. Con base en esto y suponiendo que la planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR) estará en funcionamiento por 8 horas, se obtiene que el caudal a tratar es de $0.8 \frac{1}{5}$ por torre. Con base en las recomendaciones del diseñador, para cada torre se requieren 6 bajantes adicionales de 4 pulgadas(y 4 tramos horizontales en el primer piso de 10 m de 6 pulgadas para cada torre, las cuales serán transportadas a la planta de tratamiento. La planta de tratamiento tendrá entonces una capacidad de tratamiento de $3.2 \frac{1}{5}$, y dispondrá el agua tratada en un tanque de

almacenamiento de 72m³, el cual resultará de la división del presupuestado tanque bajo de almacenamiento de agua potable.

Adicionalmente las aguas grises tratadas, que abastecerán los sanitarios, serán transportadas a tanques de almacenamiento ubicados en cada una de las cubiertas de las torre, el cual abastecerá los sanitarios y deberá ir en una red independiente a la del agua potable que conduce a las duchas, lavamanos, lavaplatos, lavaderos y lavadoras,. De igual forma se debe contar con un sistema de bombeo que pueda llevar estas aguas tratadas del tanque de almacenamiento bajo, a los tanque ubicados en cada una de las cubiertas de las torres y un sistema hidro-neumático que controle el nivel del agua en estos tanques. En el proyecto se tiene presupuestado instalar 3 tanques altos de 7 m³ para cada torre, así que en cada torre se utilizará un tanque de estos para abastecer los sanitarios. La planta de tratamientos de aguas residuales fue cotizada por INGEAGUAS, proveedor habitual de los sistemas de tratamiento de aguas de ÓPTIMA S.A.

Tabla 13 Costo del sistema de recirculación de aguas grises en el proyecto Ciudad Central.

Proceso	Costo por Torre	Costo Total
Red adicional de Aguas Grises(6 bajantes de 4 in por torre y 4 tramos de 10m) para llevar a la Planta de Tratamiento de aguas residuales.	COP 10.500.000	COP 42.000.000
Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (INGEAGUAS)	-	COP 131.500.000
Separación de tanque bajo de almacenamiento	-	COP 2.500.000
Red de abasto para cada torre	COP 15.000.000	COP 60.000.000
Motobomba de elevación	COP 3.000.000	COP 12.000.000
Hidro-neumático para mantener el nivel del agua en los tanques	COP 1.500.000	COP 6.000.000
	TOTAL	COP 254.000.000

De acuerdo con los consumos de agua residual y de agua potable que se pretenden reducir construyendo una planta de tratamiento de aguas residuales y tratando las aguas grises, se muestra en la Tabla 14 un análisis del ahorro mensual si se desarrolla este sistema.

Tabla 14 Ahorros y costos mensuales y de la reutilización de aguas grises.

Proceso	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Ahorro mensual en agua potable del proyecto	m ³	2700	COP 1.063	COP 2.870.100
Ahorro mensual en alcantarillado	m ³	2700	COP 1.606	COP 4.336.200
Costo de Operación de la Planta de Tratamiento(Mano de obra. electricidad y químicos)	mes	1	COP 1.215.000	COP 1.215.000
			Ahorro Total	COP 5.991.300

Con base en el costo total de la construcción de la PTAR y de las redes adicionales, se determina el tiempo de retorno de la inversión dividiendo el costo del sistema por el ahorro mensual, obteniendo un valor aproximado de retorno de la inversión de 43 meses (sin tener en cuenta el valor de la inflación). En caso de que este sistema sea asumido por los propietarios en el precio de venta, este valor sería incrementado en COP 426.174, lo cual equivale al 0.4% del valor de estos apartamentos.

Construir este sistema de tratamiento de aguas residuales, beneficiaría al medio ambiente en la medida en que se estaría reduciendo la necesidad de suministro de agua potable y la disposición de aguas residuales. De igual manera los beneficios económicos a largo plazo serán muy grandes, ya que la inversión se libra en 3.5 años y la vida útil del edificio puede ser mayor a los 50 años.

Aparatos Sanitarios

Actualmente para el proyecto Ciudad Central en sus especificaciones técnicas, se tiene presupuestado instalar sanitarios Corona Avanti Plus que utilizan 1.6 galones por uso. Para lograr reducir el porcentaje de uso de agua potable, se consultó con Corona los diferentes sanitarios que ellos distribuyen, encontrando que manejan sanitarios de doble descarga que permiten vaciados de 4 litros para descarga de fluidos y 6 litros para residuos sólidos y sanitarios de 4 litros por descarga para ambos.

Adicionalmente se consultó con la empresa Alfa los cuales distribuyen un sanitario de 4.8 litros por descarga. En la Tabla 15 se muestran los diferentes sanitarios y sus respectivos precios Vs Avanti plus (referencia utilizada en el presupuesto), consumos y periodos de retorno de la inversión al utilizar una línea en especial.

Tabla 15 Diferentes sanitarios frente a Avanti Plus, precios, consumos y períodos de retorno de la inversión.

Producto	Consumo por vaciado	Reducción en uso de agua	Precio	Diferencia en Precio	Precio de consumo mensual	Tiempo de retorno de la inversión (meses)
AVANTI PLUS (Corona)	6 Litros	0%	COP 161,200	COP 0	COP 6.005	
*GANAMAX (Corona)	4 - 6 Litros	20%	COP 198,600	COP 37.400	COP 4.804	31
CAMPEÓN (Alfa)	4.8 Litros	20%	COP 170,000	COP 8.800	COP 4.804	7
CYCLONE 4 (Corona)	4 Litros	33%	COP 506,900	COP 345.700	COP 4.003	173
Consumo Mensual Avanti (m ³)		2.25				

* Suponiendo que el 40% de las descargas son residuos sólidos y el 60% son fluidos.

Analizando los precios del mercado y las reducciones que se obtienen en cada sanitario respecto al Avanti Plus, el cual se había presupuestado inicialmente para proyecto **Ciudad Central**, observamos que el sanitario Ganamax (Corona) y el sanitario Campeón (Alfa) tienen un incremento en costos relativamente bajo (COP 37.400 y COP 8.800 respectivamente) mientras el Cyclone 4 (Corona) el cual proporciona un ahorro del 33%, tiene un precio muy superior comparándolo

con el presupuestado inicialmente. Haciendo un análisis de los extra-costos y del período de inversión de cada uno de estos podemos observar los sanitarios GANAMAX y CAMPEÓN, tendrán un período de retorno de la inversión en 31 meses y campeón en 7 meses, generando beneficios similares a los mencionados anteriormente en la instalación de la PTAR.

Grifería.

En el proyecto **Ciudad Central** se tiene presupuestado instalar grifería de Grival que presentan un caudal de salida de agua de 2,2gpm, tanto para los lavamanos y lavaplatos, y de 2,5gpm para duchas. Grival cuenta con ahorradores para lavamanos y lavaplatos, los cuales permiten una reducción considerable en el caudal de salida de estos elementos. Cada ahorrador de estos tiene una diferencia en precio de aproximadamente COP 3000 con los que se tienen presupuestado, y proporcionan un caudal de salida de 1 gpm, generando una reducción del 54% en el consumo de agua de estos elementos. En caso de requerir instalar estos ahorradores, se debe tener en cuenta que son 1.192 lavamanos y 596 lavaplatos, lo que equivale a un extra-costo de COP 5.354.000 para todo el proyecto. Si evaluamos los beneficios Vs el costo de estos elementos vemos que el precio es realmente insignificante para los beneficios que puede traer reducir el 54% del consumo de agua y de disposición de aguas residuales en lavaplatos y lavamanos.

La diferencia entre los costos de construcción en el proyecto de vivienda **Ciudad Central** de la empresa **ÓPTIMA S.A.**, siguiendo principios de construcción sostenible con los construidos de manera tradicional son de **COP 916.645.643 (novecientos diez y seis millones seiscientos cuarenta y cinco mil, seiscientos cuarenta y tres pesos colombianos)**, como se muestra en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..** En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra el ahorro esperado del proyecto de acuerdo a las consideraciones tomadas, en 10 años.

Tabla 16 Incremento en costos total de consideraciones de construcción sostenible para el proyecto **Ciudad Central**.

Descripción	Extra-costo
Cubierta Verde en el 50% de las terrazas del proyecto	COP 99,588,000
Instalación de Adoquín en las vías del proyecto	COP 12,858,185
Canecas para separación de residuos sólidos en obra	COP 5,600,000
Sistema para almacenar y disponer escombros contratando a la empresa Sinesco	COP 6,817,200
Doble Shut de basuras	COP 34,371,480

Reemplazar concreto preparado en obra por concreto premezclado	COP 434,313,322
No utilizar concretadora	-COP 21,337,344
Sensores de ocupación en puntos fijos	COP 40,500,000
Bomba de calor	COP 0
Sistema de recirculación y tratamiento de aguas grises	COP 254,000,000
Sanitarios Ganamax (doble descarga)	COP 44,580,800
Ahorradores de agua en lavaplatos y lavamanos	COP 5,354,000

Incremento en costos total	COP 916,645,643
----------------------------	-----------------

Tabla 17 Análisis del ciclo de vida del beneficio económico de los ocupantes a 10 años.

Descripción	Valor inicial de la inversión.	Ahorro anual	Análisis del ahorro en el ciclo de vida a 10 años
Sensores de ocupación en puntos fijos	COP 40,500,000	COP 19,756,800.00	COP 157,068,000.00
Bomba de calor	COP 0	COP 22,453,200.00	COP 224,532,000.00
Sistema de recirculación y tratamiento de aguas grises	COP 254,000,000	COP 71,895,600.00	COP 464,956,000.00
Sanitarios Ganamax (doble descarga)	COP 44,580,800	COP 17,179,104.00	COP 127,210,240.00
Ahorradores de agua en lavaplatos y lavamanos	COP 5,354,000	COP 93,393,648.00	COP 928,582,480.00
		AHORRO TOTAL	COP 1.902.348.720

Finalmente, en la Tabla 18 y Tabla 19 se hace muestran los puntos de la certificación LEED que se podrían obtener desarrollando el proyecto Ciudad Central como normalmente estaba previsto, comparándolo con las consideraciones que se tuvieron en cuenta de la certificación LEED en este trabajo. En la cual se obtienen 24 puntos inicialmente y 46 puntos con las consideraciones propuestas.

Tabla 18 Puntaje LEED inicial.

Sitios Sostenibles	Pre-requisito	Prevenir la contaminación durante la construcción
	1	Selección del sitio
	5	Desarrollo de la densidad y la conectividad de la comunidad
	1	Redesarrollo de lugares industriales-contaminados
	6	Transporte Alternativo - Acceso a transporte público
	1	Transporte Alternativo - Lugar de almacenamiento de bicicletas y camerinos

Energía y Atmósfera	Pre-requisito	Desempeño mínimo energético
	Pre-requisito	Manejo fundamental de los refrigeradores
	2	Manejo mejorado de los refrigerantes

Materiales y Recursos	Pre-requisito	Almacenamiento y recolección de materiales reciclables
	1	Manejo de los residuos de construcción
	2	Contenido Reciclado
	2	Materiales Regionales
	1	Madera Certificada

Calidad del ambiente interior	Pre-requisito	Desempeño mínimo de la calidad del aire interior.
	Pre-requisito	Control de ambientes para fumar cigarrillo
	1	Materiales de baja emisión - Adesivos y sellantes
	1	Materiales de baja emisión - Pinturas y recubrimientos

Tabla 19 Puntaje LEED considerando cambios.

Sitios Sostenibles	Pre-requisito	Prevenir la contaminación durante la construcción
	1	Selección del sitio
	5	Desarrollo de la densidad y la conectividad de la comunidad
	1	Redesarrollo de lugares industriales-contaminados
	6	Transporte Alternativo - Acceso a transporte público
	1	Transporte Alternativo - Lugar de almacenamiento de bicicletas y camerinos
	1	Proteger o restaurar El Habitat
	1	Diseño de Aguas Lluvias - Control de la Cantidad
	1	Diseño de Aguas Lluvias - Control de la Calidad
	1	Efecto Isla de Calor - Diferente de Techos
1	Efecto Isla de Calor - Techos	
Eficiencia del Agua	Pre-requisito	Reducción en el uso del agua
	2 a 4	Uso eficiente del agua en el paisajismo
	2	Innovación en tecnologías para el uso de aguas residuales
	2 a 4	Reducción en el uso del agua
Energía y Atmósfera	Pre-requisito	Inspecciones fundamentales de los sistemas energéticos
	Pre-requisito	Desempeño mínimo energético
	Pre-requisito	Manejo fundamental de los refrigeradores
	2	Manejo mejorado de los refrigerantes
	2	Energía Verde

Materiales y Recursos	Pre-requisito	Almacenamiento y recolección de materiales reciclables
	1 a 2	Manejo de los residuos de construcción
	1 a 2	Reutilización de materiales
	1 a 2	Contenido Reciclado
	1 a 2	Materiales Regionales
	1	Madera Certificada
Calidad del ambiente interior	Pre-requisito	Desempeño mínimo de la calidad del aire interior.
	Pre-requisito	Control de ambientes para fumar cigarrillo
	1	Plan de manejo de la calidad del aire interior de la construcción - Durante la Construcción
	1	Materiales de baja emisión - Adesivos y sellantes
	1	Materiales de baja emisión - Pinturas y recubrimientos
	1	Capacidad de control de los sistemas - Confort Térmico

4 CONCLUSIONES

1. Los principales aspectos requeridos para que un proyecto de vivienda se adecue a los principios de construcción sostenible y obtenga una certificación LEED en Colombia son: selección del sitio, eficiencia del agua, eficiencia energética, calidad del ambiente interior y materiales y recursos.
2. La certificación LEED es una herramienta de gran ayuda para identificar las características, requerimientos y pretensiones de una construcción sostenible.
3. A pesar de que la certificación LEED contribuye a mitigar los impactos generados por la construcción y mejorar el confort de los ocupantes, existen varios requerimientos que no aplicarían en nuestro país, debido a las diferencias geográficas y socioeconómicas que se tienen con Estados Unidos, país en el cual se desarrolló esta certificación.
4. La construcción sostenible ayuda a:
 - Fomentar el reciclaje.
 - Disminuir el consumo de agua potable.
 - Disminuir el consumo de energía.
 - Disminuir las emisiones de gases que causan efecto invernadero.
 - Mejorar la calidad del aire.
 - Disminuir los impactos en los hábitats naturales y en los ecosistemas.
 - Mejorar la movilidad de las ciudades.
 - Disminuir el uso de recursos naturales.
 - Reducir el uso de combustible fósiles.
 - Mejorar la calidad de vida de las personas que ocupan este tipo de construcciones.
 - Disminuir la contaminación generada por el proceso de construcción.
5. Existen productos y servicios ofrecidos en el mercado colombiano para la construcción sostenible que pueden ser utilizados en el proyecto de vivienda **Ciudad Central**, así como en todos los proyectos, de la empresa **ÓPTIMA S.A.**, tales como:

Pizano: sus productos son elaborados de madera reforestada de manera sostenible y tiene productos abalados por el FSC.

Corona: empresa que maneja grifería y sanitarios de bajo consumo de agua.

Pro asfálticos: empresa que desarrolla cubiertas verdes.

Ingeaguas: empresa que ha incursionado en los sistemas de tratamientos de aguas residuales.

Argos: en su proceso de fabricación de cemento ha implementado medidas para proteger el medio ambiente, tales como la utilización de cenizas volantes como materia prima.

Ferrasa: en su proceso de fabricación del acero de refuerzo el 100% del material utilizado es reciclado.

Tejar San José: produce diferentes tipos de adobes con material procedente de excavaciones y material sobrante.

Pintuco: su producto Vinilo tipo 1 (muy utilizado en los proyectos de la Empresa Optima S.A) cumple con los requerimientos de certificación.

E.P.M: empresa que genera energía hidroeléctrica, reemplazando energías que consumen materiales no renovables.

6. Como se puede observar en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** si se utiliza cada uno de los elementos mencionados, se podrá tener en el proyecto **Ciudad Central** un ahorro significativo en 10 años para sus ocupantes; la Empresa **OPTIMA S.A** no tendrá ningún retorno de la inversión, sin embargo está dispuesta a implementar algunos cambios, basado en este trabajo de grado, Considerando que este proyecto se encuentra parcialmente vendido, los extra costos serán asumidos únicamente por **OPTIMA S.A.** Existen ítems que no generan extra costos pero traen tanto beneficios ambientales como económicos.
7. Con el Análisis del costo-beneficio de construcción sostenible en el proyecto Ciudad Central de la Empresa **ÓPTIMA S.A**, la Gerencia Técnica ha considerado pertinente implementar en este proyecto :

- La construcción de terrazas verdes en las torres
 - Cambiar el calentador a gas por la bomba de calor
 - Construir doble shut de basura.
 - Se instalaran sensores de ocupación en los puntos fijos.
 - Se instalarán sanitarios Ganamax.
 - Se instalaran la grifería de lavamanos y lavaplatos de Grival que consuman 1 galón por minuto.
 - Se dispondrá durante la construcción del proyecto de canecas para la separación de residuos en la fuente.
8. Cambiar el concreto premezclado por el concreto preparado en obra es un costo que será asumido por el constructor y no tendrán retorno, pero se está contribuyendo a no deteriorar el medio ambiente. Lo mismo ocurre en el caso de cambiar el asfalto por el adoquín.
9. La bomba de calor comparada con el calentador de gas (para calefacción de la piscina) es un claro ejemplo de que en ocasiones la construcción sostenible no genera extra costos ya que el costo es mismo, el consumo de la bomba de calor es mas de la mitad de lo que consume un calentador a gas, lo que redunda en una economía para la copropiedad, reduciendo de igual manera el consumo energético.
Utilizando la bomba de calor en el proyecto **Ciudad Central** de la Empresa **OPTIMA S.A** los copropietarios se verán beneficiados económicamente y la Empresa **OPTIMA S.A** estará haciendo un gran aporte al medio ambiente.
10. Se seguirán evaluando en los futuros proyectos de la Empresa **OPTIMA S.A** desde el punto de vista de construcciones sostenibles en aras certificarlos como LEED.
11. Si los clientes de los diferentes proyectos de vivienda conocieran los beneficios de una construcción sostenible, casi que obligarían a los constructores a que todos los proyectos fueran desarrollados bajo estos criterios.

12. En Colombia no se tienen beneficios tributarios por el desarrollo de construcciones sostenibles, esto conlleva a que los extra-costos de este tipo de proyectos deban ser asumidos por el constructor o el dueño del proyecto, lo que genera una negativa en ocasiones por una de las dos partes en desarrollar construcciones sostenibles.

13. Finalmente podemos decir que la Construcción Sostenible no solamente brindaría grandes beneficios ambientales, sino también grandes beneficios económicos para los ocupantes del proyecto **Ciudad Central**.

5 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la Empresa **ÓPTIMA S.A** mostrarle a sus clientes potenciales, los beneficios económicos y ambientales que trae una construcción sostenible. Mostrando el costo beneficio el cliente estará dispuesto a pagar la inversión inicial.
- Se recomienda a la Empresa **OPTIMA S.A** en sus futuros proyectos, tener en cuenta en sus presupuestos el análisis del costo beneficio de construcción sostenible.
- Para futuros proyectos de la Empresa **ÓPTIMA S.A** y en este caso en particular ***Ciudad Central, se recomienda:***
 - Instalar adoquines de colores claros en los parqueaderos y en las vías internas del proyecto, reemplazando así el pavimento asfáltico, ya que este último tiene un SRI de 0 y los adoquines de cemento pueden llegar a tener un SRI superior a 50, contribuyendo así el proyecto a disminuir el efecto “Isla calor”.
 - Se recomienda utilizar cubiertas verdes para el 50% del techo en y así aprovechar los diferentes beneficios que tienen estos elementos.
 - Para lograr una mejor eficiencia energética se recomienda instalar sensores de ocupación en los puntos fijos, instalar bomba de calor para calefacción de la piscina en vez de calentadores de gas.
 - Es recomendable instalar contenedores plásticos o metálicos que contribuyan a una mejor separación en la fuente de los residuos, separando en la obra por lo menos escombros, plásticos, papel, cartón, metales y vidrio.
 - En el proyecto **Ciudad Central** de la Empresa **ÓPTIMA S.A.**, se recomienda construir un espacio destinado para fumadores.

- En general y partiendo de los principios de construcciones sostenibles en los proyectos futuros de la Empresa **OPTIMA S.A**, se debe hacer este tipo de análisis del costo beneficio para implementar en cada proyecto la mayor cantidad de prerrequisitos y créditos para acercar la Empresa a un modelo de construcción sostenible y obtener una certificación LEED..

6 BIBLIOGRAFÍA

Construdata. (2010). *Construcción Sostenible - Materiales y Sistemas*. Bogotá: Legis.

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. (2010). *Construcción Sostenible en Colombia. Expocamacol 2010: Seminario Internacional Aprendamos de la Construcción*, (pág. 30). Medellín.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2005). *Número total de vivienda por municipio (Urbano y Rural)*. Bogotá D.C., Colombia.

eltiempo.com, R. (12 de Noviembre de 2010). *Van un millón 170 mil personas afectadas por invierno en el país*. Bogotá, Colombia.

Energy Research Group. (2011). *Un Vitruvio ecológico. Principios y práctica del proyecto arquitectónico sostenible*. Gustavo Gili S.A.

EPA. (2011). *U.S. Environmental Protection Agency*. Recuperado el 25 de Marzo de 2011, de <http://www.epa.gov/greenbuilding/pubs/about.htm>

López, M. (2010). *Un acercamiento a las Cubiertas Verdes*. Medellín: Ofigraf Impresiones.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (19 de Mayo de 2011). *Gobierno trabajará en la formulación del Código de Construcción Verde*. Bogotá D.C., Bogotá D.C., Colombia.

Municipio de Bello. (2010). *bello.aredigital.gov.co*. Recuperado el 10 de 08 de 2011, de <http://bello.aredigital.gov.co/institucional/Galeria%20de%20Mapas/Bello%20Urbano.pdf>

Naciones Unidas. (1992). *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*. *Convención Marco de las Naciones Unidas Sobre el Cambio Climático*, (pág. 3). Nueva York.

Naciones Unidas. (1997). *Protocolo de Kyoto de la convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*. *Protocolo de Kyoto de la convención del Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, (pág. 25). Kyoto.

Oficina de la Coordinación de Asuntos Humanitarios. (2010). *Desastres y emergencias de origen natural - Incendios, sequía, heladas y sismos - Trimestre Enero - Marzo de 2010 - Colombia*. Bogotá.

Óptima S.A. (2011). *www.optma.com.co*. Recuperado el 20 de 08 de 2011, de <http://www.optima.com.co/pagina/ciudad-central-descripcion/198>

Pinilla Vera, L. C. (2010). *Construcción Sostenible en Colombia*. Bogotá D.C, Colombia: Universidad de los Andes.

Rodríguez, L. F. (2010). *Anuario de energía eólica en América Latina y el Caribe. Colombia* . Guadalajara, México.

Subsecretaría de Cultura de Bello. (s.f.). *Datos generales de Bello*. Recuperado el 20 de Septiembre de 2011, de <http://culturabello.jimdo.com>: <http://culturabello.jimdo.com/inicio/datos-generales-de-bello/>

Syphers, G., Baum, M., Bouton, D., & Sullens, W. (2003). *Managing the cost of green buildings*. Santa Monica: State and consumer services agency (State of California).

United Nations Environment Programme. (2006). *Sustainable Buildings and Construction Initiative. Sustainable Buildings and Construction Initiative* . Paris, Francia.

USGBC. (Agosto de 2011). *LEED 2009 for New Constructions and Mayor Renovations Rating System*. Washington D.C., United States of America.

USGBC. (2011). U.S Green Building Council. Recuperado el 25 de Marzo de 2011, de www.usgbc.org

U.S. Green Buidling Council. (2011). www.usgbc.org. Recuperado el 20 de 06 de 2011, de <http://www.usgbc.org/DisplayPage.aspx?CMSPageID=2492>

WorldGBC. (2010). *The Americas COLOMBIA. Tackling Global Climate Change Meeting Local Priorities* , 20-21.

