

**SEMINARIO INTERNACIONAL UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MÉXICO  
(UNAM)-UNIVERSIDAD LIBRE PEREIRA 2016**

**EDIFICACIONES SUSTENTABLES  
EDIFICIO DE POSGRADOS UN EJEMPLO DE APLICACIÓN**

**PROFESOR ASESOR: Ing. ADÁN SILVESTRE G.**

**PRESENTADO POR:**

**ANDRÉS FELIPE ORTIZ ALVAREZ**

**JUAN ANDRÉS RIVERA GÓMEZ**

**JESSICA MEJÍA RODRIGUEZ**

**UNIVERSIDAD LIBRE SECCIONAL PEREIRA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**INGENIERÍA CIVIL**

**2016**

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	4
RESUMEN .....	5
ABSTRACT.....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	8
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. MARCO TEÓRICO .....	9
3.1. SUSTENTABILIDAD: .....	9
3.1.1. GÉNESIS DEL CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD:.....	9
3.1.2. INGENIERÍA SUSTENTABLE:.....	9
3.2. COMPONENTES DE UN EDIFICIO SUSTENTABLE .....	11
3.3. CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE: .....	13
3.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN DE LAS 3 “R” .....	14
3.4.1. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE MATERIALES ESTRUCTURALES .....	14
3.4.2. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL REUSADO.....	14
3.4.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE RECICLAR .....	15
3.4.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE REDUCIR ENERGIA INCORPORADA.....	15
3.4.5. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE MINIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA .....	16
3.4.6. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE REDUCIR EL USO DE MATERIALES .....	16
3.5. DECONSTRUCCIÓN.....	17
3.5.1. DECONSTRUCCIÓN, DEMOLICIÓN, DISPOSICIÓN .....	17
3.6. EMISIONES DE CO2 .....	20
3.6.1. POBLACIÓN Y URBANIZACIÓN .....	20
3.6.2. FLUJO DE MATERIALES Y LA CONSTRUCCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE .....	21
3.7. AGREGADOS, LIBERACIONES TÓXICAS, CEMENTO Y ACERO REFORZADO .....	23

3.7.1.	AGREGADOS.....	23
3.7.2.	LIBERACIONES QUÍMICAS TÓXICAS.....	23
3.7.3.	CEMENTO.....	23
3.7.4.	ACERO REFORZADO .....	24
3.8.	RECICLAJE DE CONCRETO.....	24
3.9.	CERTIFICACIONES:.....	27
3.9.1.	LEED®: .....	27
3.9.2.	OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO .....	28
3.9.3.	LEED ® EN COLOMBIA: .....	30
3.9.4.	PROYECTOS LEED EN COLOMBIA: .....	31
3.10.	NORMATIVIDAD SUSTENTABLE EN COLOMBIA .....	32
3.10.1.	NSR-10 Capítulo A.1: .....	32
4.	EDIFICIO DE POSGRADOS UN CASO DE ESTUDIO APLICABLE .....	33
4.1.	ANTES DE LA ADECUACIÓN.....	33
4.2.	DESPUÉS DE LA ADECUACIÓN:.....	34
4.3.	REDUCCIÓN DE CO2 EDIFICIO DE POSGRADOS .....	48
4.4.	PLANOS ARQUITECTÓNICOS EDIFICIO POSGRADOS.....	48
5.	CONCLUSIONES.....	53
6.	RECOMENDACIONES.....	54
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## **AGRADECIMIENTOS**

Especial agradecimiento por culminar esta monografía, que nos sirve como trabajo de grado, al Ingeniero Investigador Adán Silvestre, por guiarnos al momento de elaborar este trabajo, y, por haber hecho posible, traer al Doctor Fernando Sánchez Flores, al cual agradecemos su total compromiso y apoyo incondicional en la redacción y elaboración de este documento, también agradecerle por llenarnos de sus conocimientos a través de su formación profesional en el seminario internacional de edificaciones sustentables en la Universidad Libre Seccional Pereira.

## RESUMEN

Un edificio sustentable es aquel que se puede construir utilizando materiales reciclados con un mínimo gasto de energía para su construcción, generando un menor impacto ambiental sin perder sus propiedades.

En este caso se presenta el ejemplo del edificio de posgrados de la Universidad Libre Seccional Pereira. El edificio inicialmente fue construido como un Centro de Investigaciones en papel CENPAPEL, encargado de la investigación y desarrollo de papeles, suaves y finos, generación de conocimientos con dichos materiales y derivados que podrían resultar, como biocombustibles, además, de formación y extensión en estos tópicos. El edificio se construyó de tres plantas, distribuidos de la siguiente forma: En el primer piso se ubicó la oficina seguridad del edificio y laboratorios, la segunda planta oficinas y laboratorios y el tercer piso laboratorios.

Hoy el edificio hace parte de la Universidad Libre Seccional Pereira, quién lo adquirió y rediseñó en el año 2009, para ser edificio de posgrados. En el rediseño se mantiene la misma estructura pero se realizan modificaciones para convertir los laboratorios en aulas de clase utilizando para tal fin mampostería liviana que conllevó un aligeramiento en la cantidad de carga muerta.

Así mismo, se adicionó un módulo perpendicular al existente, en donde se construyó no solamente el acceso tipo rampa, sino también la cafetería en el primer nivel, sala de profesores en el segundo, y una sala inclinada en el tercero.

Este edificio nos sirve como ejemplo de aplicación en el tema de sustentabilidad ya que la estructura inicial ha sido reutilizada, y readecuado como aulas de clase utilizando materiales reciclados, todo en pro del medio ambiente y bajo costo para su adecuación.

Estos edificios pueden obtener una certificación sustentable, la más conocida y general se llama LEED, creada en Estados Unidos con el fin de incentivar construcciones con un menor impacto ambiental.

## ABSTRACT

A sustainable building is one that can be built using recycled materials using a minimum expenditure of energy for its construction, creating less environmental impact without losing its properties.

The example of building graduate of the Free University Sectional Pereira presented in this case. The building was built as a Research Centre paper CENPAPEL, responsible for research and development of papers, soft and thin and knowledge generation with such materials and derivatives which may be as further biofuels training and extension in these topics. The building was built on three floors, distributed as follows: the first floor security office and laboratory building was located, the second floor offices and laboratories and laboratories the third floor.

Today the building is part of the Free University Sectional Pereira, who acquired and redesigned in 2009, to be the building of postgraduates. In the redesign the same structure but modifications are made to convert laboratories in classrooms using for this purpose lightweight masonry led to a lightening in the amount of dead load.

Likewise, a perpendicular to the existing module, where the access ramp type, but also the cafeteria on the first floor, staff room on the second, and a room on the third inclined not only built was added

This building serves as application example on the issue of sustainability since the initial structure has been re-used, and readjusted as classrooms using recycled materials, particularly for the environment and low cost for adequacy.

These buildings can obtain a sustainable certification, the best known and usually called LEED, certification created in the United States in order to incentive constructions with a lower environmental impact.

## 1. INTRODUCCIÓN

Este trabajo tiene como objetivo mostrar el edificio de posgrados de la Universidad Libre Seccional Pereira, como un ejemplo de aplicación exitoso, en edificaciones sustentables.

El caso se justifica, por qué el edificio de posgrados de la Universidad Libre Seccional Pereira, puede considerarse una edificación sustentable, debido a los materiales que fueron utilizados en su adecuación y construcción.

Para saber cómo llega a ser una edificación sustentable, se debe estudiar el antes y después de la construcción, con la ayuda del personal de la Universidad Libre, que estuvieron vinculados al proyecto, y, contribuyeron al desarrollo del nuevo proyecto, por poseer ellos la información de las instalaciones anteriores y al acceso del material existente, que contenía planos e información detallada.

Uno de los factores principales, es estudiar cuanta cantidad de carbono se dejó de emitir a la atmosfera, a causa de la producción de concreto en el momento de reutilizar la edificación. Para esto se calcula el volumen del concreto existente de la edificación antigua.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- ✓ Presentar el edificio de posgrados de la Universidad Libre Seccional Pereira como un ejemplo de aplicación en edificaciones sustentables.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Definir en qué consiste el concepto de sustentabilidad y como se aplica en el edificio de posgrados.
- ✓ Comparar el antes y después de la edificación para poder determinar si puede considerarse como un edificio sustentable.
- ✓ Calcular el volumen de concreto existente de la edificación antigua, para determinar cuánto carbono se dejó de emitir a la atmosfera.



### **3. MARCO TEÓRICO**

#### **3.1. SUSTENTABILIDAD:**

##### **3.1.1. GÉNESIS DEL CONCEPTO DE SUSTENTABILIDAD:**

La primera vez que se usó el concepto de sustentabilidad en su acepción similar a la actual, fue en el Reporte de Estudios Ecuménicos (WCC, 1974) de la reunión de World Council of Churches, efectuada en Ginebra, Suiza en 1974. Un grupo de ambientalistas occidentales de esa agrupación propuso la creación de una "sociedad sustentable", para conciliar la necesidad de crecimiento industrial y, la objeción de algunos países en vías de desarrollo de preservar prioritariamente el medio ambiente, cuando su población confrontaba (confronta) condiciones de pobreza y de sobrevivencia.

En tanto que el concepto de desarrollo sustentable se conoció hasta seis años más tarde, a través de la publicación World Conservation Strategy, hecha en 1980 por International Union for the Conservation of Nature (IUCN, ahora llamada The World Conservation Union, pero continúa con las siglas originales), con la participación de The United Nations Environment Programme (UNEP) y World Wildlife Fund (WWF); el documento trata del aprovechamiento sustentable de los recursos (IUCN, 1980). En 1983 se formó la Comisión Mundial del Medio Ambiente y del Desarrollo de las Naciones Unidas y adoptó la esencia del informe de IUCN y, en 1987, esa Comisión hizo un informe de los trabajos que le había encargado la Asamblea General, al que popularmente se ha llamado Informe Brundtland, que convirtió al desarrollo sustentable en un instrumento conceptual para tratar de la protección al medio ambiente y el desarrollo, haciendo mundialmente conocidos los términos de sustentabilidad y de desarrollo sustentable.<sup>1</sup>

##### **3.1.2. INGENIERÍA SUSTENTABLE:**

La Ingeniería sustentable se define como el diseño de sistemas humanos e industriales que aseguren que el uso que hace la humanidad de los recursos y los ciclos naturales no lleven a disminuir la calidad de vida por causa de la pérdida de futuras oportunidades económicas, o bien, por el impacto adverso en las condiciones sociales, la salud humana y el medio ambiente

---

<sup>1</sup> Sustentabilidad y desarrollo sustentable: Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa, López López, Víctor Manuel, Junio 2010

Bajo esta definición, la sustentabilidad requiere integrar los tres elementos de la línea triple principal (medio ambiente, economía, sociedad). La mayoría de las definiciones incorporan esta triplete principal junto con el deseo de satisfacer las necesidades de generaciones actuales y futuras. La definición dada aquí, a diferencia de muchas publicadas sobre el tema de sustentabilidad, describe explícitamente el papel de los ingenieros al destacar el diseño de sistemas humanos.<sup>2</sup>

La sustentabilidad es el desarrollo que satisface las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades, con procedimientos que generen el menor impacto ambiental y brindando beneficios sociales y económicos simultáneos a nivel regional y global.

Uno de los daños ambientales es el *footprint*, se entiende por *footprint* al daño causado por una construcción en un área determinada de terreno.<sup>3</sup>

Figura 1: Huella dejada por la construcción (*footprint*)



Fuente: <https://moabcanyoncountryrisingtide.files.wordpress.com/2014/08/arialmine.jpg>  
26 abril 2016

---

<sup>2</sup> Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño, Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011

<sup>3</sup> Seminario Internacional de diseño sísmo resistente de edificaciones sustentables, Impartido en la Universidad Libre seccional Pereira, 18-29 de Enero de 2016, Doctor Fernando Sánchez-Flores

La industria de la construcción utiliza regionalmente del 25% al 50% de los recursos naturales vírgenes que anualmente consume la humanidad<sup>4</sup>.

Figura 2: Explotación de los recursos naturales (cantera)



Fuente:<http://www.revistavirtualpro.com/noticias/la-cantera-y-el-reflejo-de-un-pais-por-transformar>  
26 abril 2016

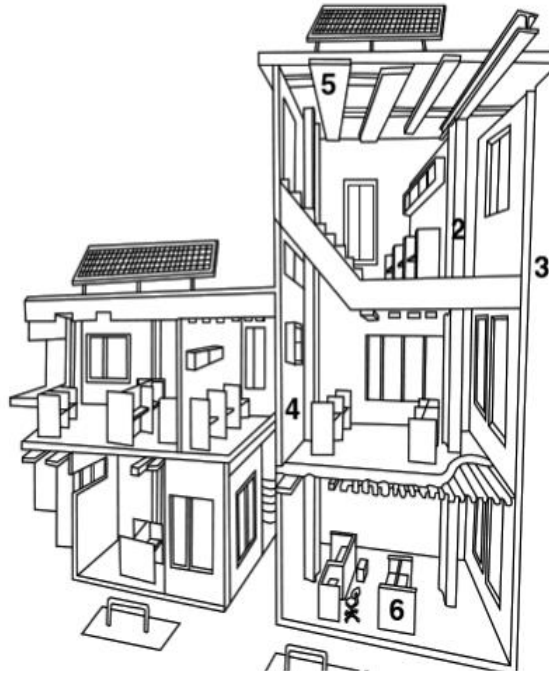
### **3.2. COMPONENTES DE UN EDIFICIO SUSTENTABLE**

Figura 3 Componentes de un edificio sustentable. Los seis componentes son 1) los cimientos, 2) la superestructura, 3) la envoltura exterior, 4) las divisiones interiores, 5) los sistemas mecánicos y 6) los muebles. Para que los edificios sean más sustentables, los ingenieros necesitan enfocarse en la integración de todos los seis componentes. También necesitan considerar los impactos sociales y ambientales a través del ciclo de vida total del edificio.

---

<sup>4</sup> Conferencia Internacional, Sustentabilidad en Ingeniería Civil, Impartida en la Universidad Libre, 29 enero de 2016, Doctor Fernando Sánchez-Flores.

Figura 3: Componentes de un edificio sustentable



Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño

La figura 3 muestra los seis componentes de un edificio: 1) los cimientos, 2) la superestructura, 3) la envoltura exterior, 4) las divisiones interiores, 5) los sistemas mecánicos y 6) los muebles. Cada uno de estos componentes, durante cada etapa de un ciclo de vida de un edificio, tiene un impacto adverso potencial sobre la salud humana, así como cuestiones de uso de energía, uso de agua, biodiversidad y el uso y liberación de químicos peligrosos. Para desarrollar edificios más sustentables (ya sean oficinas, sitios de fabricación, escuelas u hogares), los ingenieros deben evaluar cuidadosamente los materiales que entran en la manufactura de cada uno de estos componentes y la forma en que éstos son apropiadamente integrados<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit

### 3.3. CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE:

Una construcción sustentable es aquella que busca preservar los recursos naturales, terrenos inalterados y reducir la energía necesaria en la producción de materiales y la cantidad de desechos que genera una construcción. También evita reducir las emisiones de carbón por la producción de concreto<sup>6</sup>.

Beneficios de edificaciones sustentables:

- Beneficios económicos sociales y ambientales.
- Producen mínimos impactos adversos en el medio ambiente y en el sitio de la construcción.
- Eficiencia en los recursos.
- Eficiencia energética.
- Baja contaminación.
- Propuestas y alternativas integradas/sistemáticas.

Estrategias fundamentales para lograr construcciones sustentables<sup>7</sup>:

- Reducir:
  - Materiales estructurales
  - Energía utilizada en la producción de materiales y construcción
  - Energía incorporada (CO2)
- Reciclar:
  - Materiales para formar un nuevo
    - Concreto: Agregados para concreto nuevo
    - Acero: Fundición para nuevas secciones
    - Mampostería: Secciones compuestas.
    - Madera: Aglomerados, pisos, etc.
- Reusar
  - Reúso de estructuras para un nuevo funcionamiento.

---

<sup>6</sup> Notas Seminario Internacional de edificaciones sustentable, impartido por el Doctor Fernando Sánchez Flores en la universidad libre Pereira- 18-29 de enero del 2016

<sup>7</sup> Sánchez - Flórez (2016) op.cit.

### **3.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LA APLICACIÓN DE LAS 3 “R”**

#### **3.4.1. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE MATERIALES ESTRUCTURALES**

A continuación se presenta una tabla con las ventajas y limitaciones de los materiales estructurales.

Tabla 1 Ventajas y limitaciones de materiales estructurales

<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
Menor impacto en el medio ambiente	Mayor tiempo de análisis/diseño
Menores requerimientos de materiales estructurales	No todos los elementos estructurales se pueden reutilizar (materiales compuestos)
Menor costo de materiales	Los elementos estructurales generalmente están rígidamente unidos
Mano de obra poco especializada	No regulado en Reglamentos de Construcción
Extensión de la vida útil del material	Posible refuerzo de la estructura existente
...	...

Fuente: Doctor Fernando Sánchez Flores: Seminario Internacional de diseño sismo resistente de edificaciones sustentables

#### **3.4.2. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL SISTEMA ESTRUCTURAL REUSADO**

A continuación se presenta una tabla con las ventajas y limitaciones del sistema estructural reusado.

Tabla 2: Ventajas y limitaciones del sistema estructural reusado

Ventajas	Limitaciones
Incentivos financieros	
Reducción de materiales estructurales	Evaluación y monitoreo de la estructura nueva (reciclada)
Extensión de la vida útil de la estructura existente	Limitaciones en el uso de la estructura existente
Innovación para mejorar la respuesta estructural	Posible refuerzo estructural en zonas sísmicas o de vientos fuertes.
Se aprovecha <i>footprint</i> existente	Posibles limitaciones de uso
	Limitada regulación en Reglamentos de Diseño
...	...

Fuente: Doctor Fernando Sánchez Flores: Seminario Internacional de diseño sismo resistente de edificaciones sustentables

### 3.4.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE RECICLAR

A continuación se presenta una tabla con las ventajas y limitaciones de reciclar los materiales.

Tabla 3: Ventajas y limitaciones de reciclar

Ventajas	Limitaciones
Menor impacto en el medio ambiente	El diseño sustentable depende del material utilizado
Menores requerimientos de materiales estructurales	No todos los miembros de materiales reciclados tienen propiedades homogéneas (concreto, madera)
Extensión de la vida útil del material	Se requiere mayor investigación para predecir el comportamiento de elementos de materiales reciclados
Ahorro energético comparado con soluciones tradicionales	No regulado en Reglamentos de Construcción
	Probable refuerzo estructural
...	...

Fuente: Doctor Fernando Sánchez Flores: Seminario Internacional de diseño sismo resistente de edificaciones sustentables

### 3.4.4. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE REDUCIR ENERGIA INCORPORADA

A continuación se presenta una tabla con las ventajas y limitaciones de reducir energía incorporada.

Tabla 4: Ventaiias v limitaciones de reducir energía incorporada

<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
Considera la forma y función sustentable	El sistema estructuran no es necesariamente el más eficiente
Involucra múltiples factores para un uso energético eficiente	Diseño condicionado al uso eficiente de energía
Reducción de desperdicio durante la construcción	Factores externos al sistema estructural afectan el diseño de la estructura
Se enfoca en el impacto de un material en la estructura	Sensible a la localización/región
...	No incluye la operación de materiales o retiro de desechos

Fuente: Doctor Fernando Sánchez Flores: Seminario Internacional de diseño sismo resistente de edificaciones sustentables

### **3.4.5. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE MINIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA**

A continuación se presenta una tabla con las ventajas y limitaciones de minimizar la producción de energía.

Tabla 5: Ventajas y limitaciones de minimizar la producción de energía

<b>Ventajas</b>	<b>Limitaciones</b>
Reducción en las emisiones de CO2	El diseño sustentable depende del material utilizado
Reducción de energía en productos específicos	El diseño no necesariamente es el óptimo
Desarrollo de técnicas y prácticas innovadoras de uso energético	Información no siempre disponible
...	El uso de energía como parámetro para medir la sustentabilidad no es necesariamente preciso
...	...

Fuente: Doctor Fernando Sánchez Flores: Seminario Internacional de diseño sismo resistente de edificaciones sustentables

### **3.4.6. VENTAJAS Y LIMITACIONES DE REDUCIR EL USO DE MATERIALES**

A continuación se presenta una tabla con las ventajas y limitaciones de reducir el uso de materiales.



Tabla 6: Ventajas y limitaciones de Reducir el uso de materiales

Ventajas	Limitaciones
Menor impacto en el medio ambiente	Mayor tiempo de análisis/diseño
Menores requerimientos de materiales estructurales	Posible sistema estructural complejo
Desarrollo de técnicas y prácticas innovadoras de optimización/construcción	Posible refuerzo estructural en zonas sísmicas o en zonas de vientos fuertes
Menor costo de materiales	Mayor detallado de elementos y conexiones
Respuesta estructural eficiente si se incluye tecnología sismo-resistente	Mayor tiempo de aprobación
...	Mayor complejidad de construcción
...	...

Fuente: Doctor Fernando Sánchez Flores: Seminario Internacional de diseño sismo resistente de edificaciones sustentables

### 3.5. DECONSTRUCCIÓN

#### 3.5.1. DECONSTRUCCIÓN, DEMOLICIÓN, DISPOSICIÓN

La mayoría de los materiales que se utilizan para crear el entorno urbanístico entran a un basurero al término de su vida útil. Esto justifica 10 a 30% de material de basurero (basado en masas) en Estados Unidos, Europa y Australia. El grafico 1 muestra que en California los materiales de construcción y demolición justifican casi 22% de la corriente global de desperdicio. El grafico 2 muestra la composición de esta corriente de desperdicio de construcción y demolición. Advierta la gran cantidad de madera, concreto, techos de asfalto y paredes de yeso que hacen la corriente de desperdicio de construcción y demolición. Muchos materiales de construcción y demolición pueden reutilizarse y reciclarse, prolongando así la provisión de recursos naturales y maximizando los ahorros económicos (Tabla 7). Desafortunadamente, sólo 20 a 30% de desperdicio de construcción relacionado con edificios y demolición es actualmente reciclado en Estados Unidos. El concepto de producción de retorno ha sido exitosamente aplicado a muchos productos de consumo, aunque aún no es comúnmente considerado como un concepto que aplique al entorno urbanístico.<sup>8</sup>

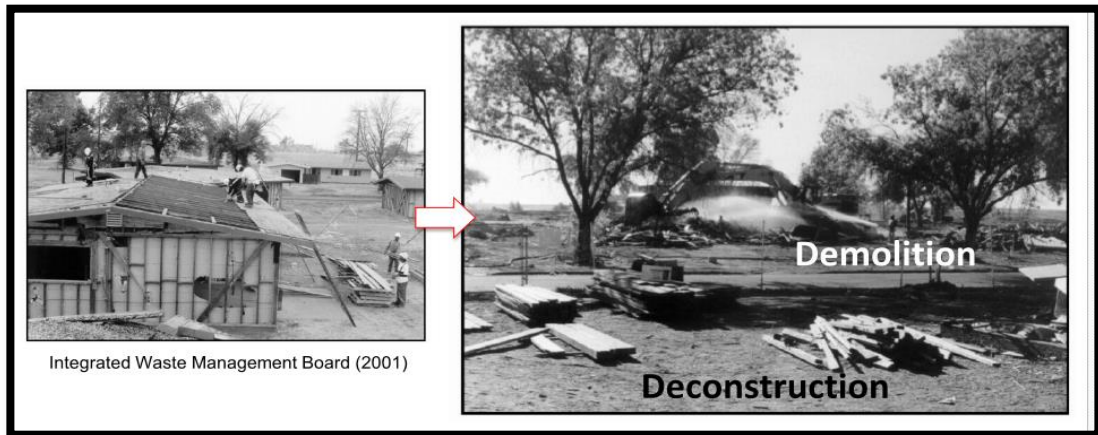
Tabla 7: Usos potenciales para los materiales de construcción y demolición

<sup>8</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit

Material	Usos potenciales
Madera	Reutilización. Trizar para combustible, camas de animales, capote, productos de construcción fabricados, composta.
Ladrillos	Reutilización. Triturar para hacer agregados.
Asfalto	Reincorporar en nuevos pavimentos de asfaltos o afirmados de carretera.
Concreto	Triturar para hacer el material base para carreteras, cimentaciones, relleno y otras aplicaciones de agregados en el asfalto o el concreto.
Placas de yeso	Utilizar el yeso como modificación de arena. Reincorporar a la placa de yeso.
Techos	Reciclar los guijarros de asfalto en el pavimento de asfalto. Reutilizar las tejas de barro.
Metal	Utilizar fragmentos de metal como carga de alimentación.
Plástico	Reciclar en madera de plástico, barreras de carreteras, conos de tráfico.

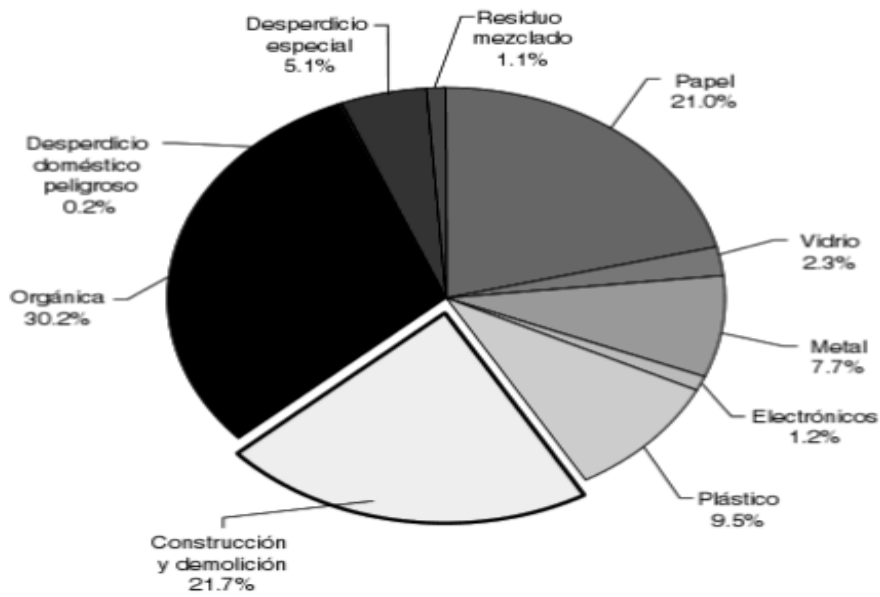
Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño

Figura 4: Desmontaje y montaje de materiales reciclados (Deconstrucción)



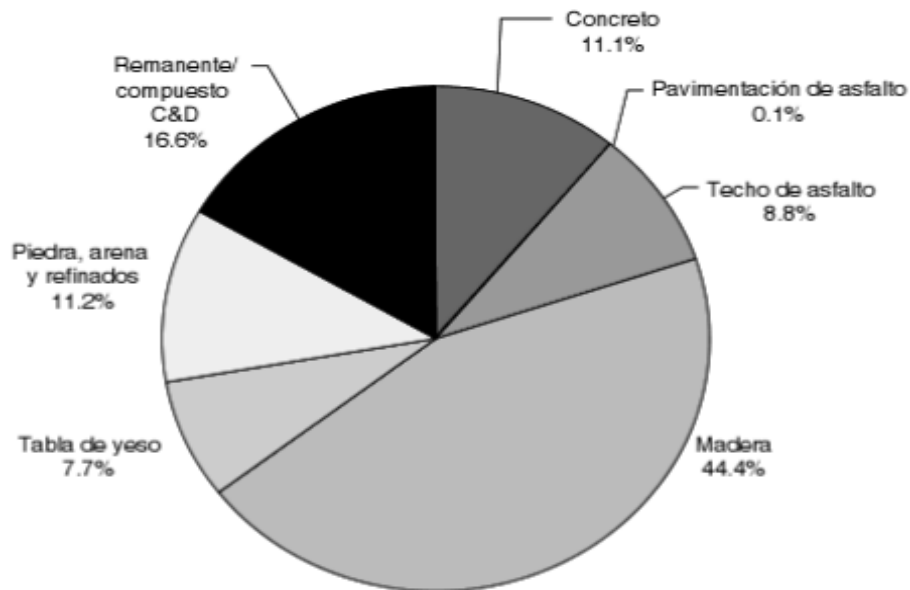
Fuente: Doctor Fernando Sánchez Flores

Grafico 1: Composicion de la corriente de desperdicio de California



Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño

Grafico 2: Composición de la corriente de desperdicio de California



Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño

Composición de la corriente de desperdicio de California: porcentaje por masa

Grafico 1; Tipos de materiales encontrados en la corriente de desperdicio global de California (basado en masas) que fueron dispuestos en el 2003. Advierta que los materiales de construcción y demolición hacen aproximadamente 22% de la corriente de desperdicio.

Grafico 2: Porcentaje de materiales en el desperdicio de construcción y demolición de California (basado en masas). El metal remanente/compuesto incluye artículos como tejas, inodoros, y aislamiento de fibra de vidrio<sup>9</sup>.

### **3.6. EMISIONES DE CO2**

El crecimiento exponencial de la población a nivel mundial, crea la necesidad, de construir, edificaciones nuevas, para satisfacer la demanda de la nueva población. Este hecho, implica, un mayor aumento de contaminación, de CO2 en la Atmósfera.

#### **3.6.1. POBLACIÓN Y URBANIZACIÓN**

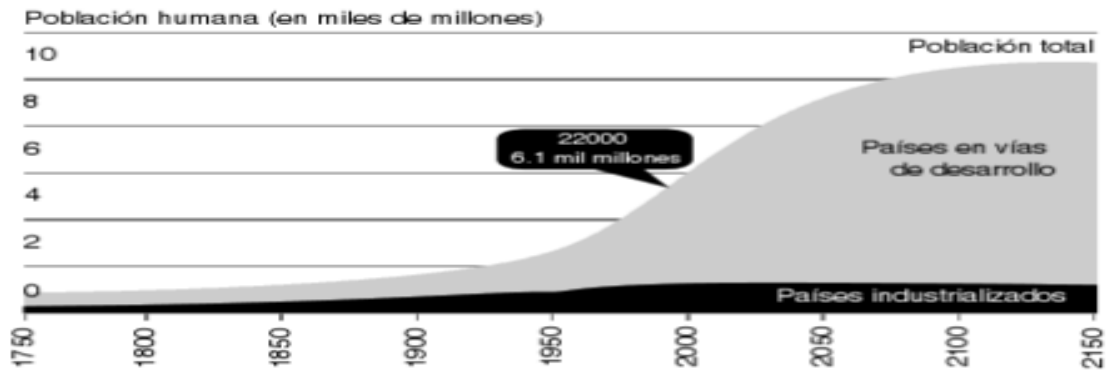
Se espera que la población mundial actual, de más de 6 mil millones, alcanzará los 9 mil o los diez mil millones durante este siglo (Grafico 3). Por mucho tiempo, el impacto del crecimiento poblacional se ha considerado como uno de los más grandes desafíos para la coexistencia tanto de las metas ambientales, económicas y sociales como para la creación de un futuro sustentable. También tiene un gran impacto en la forma en que se administran los recursos naturales y se diseñan e invierten en la ingeniería de infraestructura. La mayor parte del crecimiento poblacional ocurre en el mundo en vías de desarrollo, especialmente en las áreas urbanas, en tanto que se mantiene estancado, y en algunos casos en declive, en gran parte del mundo industrializado<sup>10</sup>.

---

<sup>9</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit

<sup>10</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit

Grafico 3: Poblacion mundial (1750-2000) e incremento proyectado para el 2150



Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño.

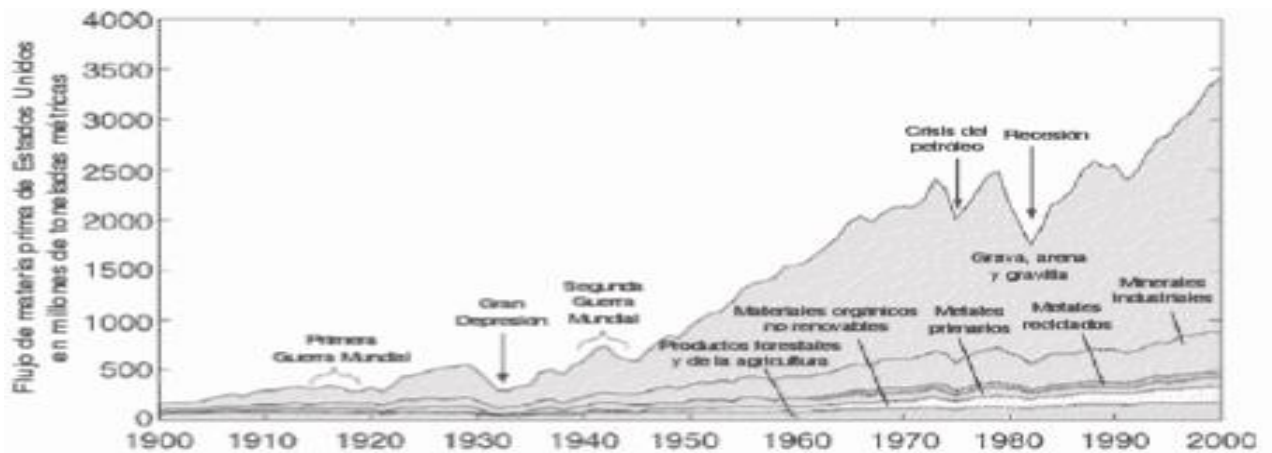
### 3.6.2. FLUJO DE MATERIALES Y LA CONSTRUCCIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

Se lleva a cabo una construcción del medio ambiente para tener donde vivir, trabajar, comerciar, estudiar y jugar. Se refiere a todo lo construido: edificios, caminos, puentes y puertos. Mientras que sólo de 2 a 3 por ciento del área terrestre de Estados Unidos está construida, aproximadamente 60% de esta área terrestre se ve ahora afectada por la construcción del medio ambiente (UNEP (Programa de las naciones unidas para el medio ambiente), 2002).

La construcción del medio ambiente también requiere una cantidad tremenda de agua, energía y recursos naturales para su edificación y operación. Un análisis del flujo de materiales en Estados Unidos (Grafico 4) muestra que aproximadamente 85% del flujo de materiales en ese país por peso, está asociado a elementos como conglomerados, cemento, refuerzos de acero y madera; materiales que se incorporan a la infraestructura ingenieril. (Observe que no se incluye el agua en este análisis, pero si se hiciera, sería el único material con el mayor flujo.) Se usan los conglomerados en cimientos y en la producción de hormigón, el cual se hace de cemento, arena, grava y agua. Los materiales industriales también comprenden el cemento Portland y los muros de tabla roca que se usan en la construcción residencial y comercial. La energía gris —la cantidad de energía que se requiere en todas las etapas del ciclo de vida desde la adquisición de la materia prima,

manufactura, uso y fin de vida útil— del hormigón tiene un impacto significativo en los actuales flujos de energía estadounidense (tabla 10). La transportación de los conglomerados y del hormigón hasta los lugares de construcción asciende a más de 10% del total de la energía gris. Además, la producción de 1 kg de cemento Portland resulta en la producción de aproximadamente 1 kg de CO<sub>2</sub>. Cuando se toma en cuenta el fin de la vida útil de los materiales de ingeniería, los escombros producto de demoliciones y los residuos de construcción constituyen de 13 a 19 por ciento de los desechos sólidos, la mitad de los cuales es hormigón (por volumen) y sólo se recicla de 20 a 30 por ciento de este material<sup>11</sup>.

Grafico 4: Flujo de materia prima en Estados Unidos por peso



Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño

Tabla 10: Energía gris asociada con los componentes del hormigón

<sup>11</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit

Material	% material por peso	% de energía gris
Cemento	12	94
Arena	34	1.7
Grava	48	5.9
Agua	6	0

Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño

### **3.7. AGREGADOS, LIBERACIONES TÓXICAS, CEMENTO Y ACERO REFORZADO**

#### **3.7.1. AGREGADOS**

La examinación cuidadosa del gráfico 4 muestra que el flujo más grande de materiales (basado en el peso) se asoció con los agregados (por ejemplo, la piedra triturada, la arena y la grava) y ahora se está acercando a las 3 500 toneladas métricas por año. El uso de este material se está elevando exponencialmente. Los agregados son minados en miles de sitios locales y regionales ubicados a través del mundo.

#### **3.7.2. LIBERACIONES QUÍMICAS TÓXICAS**

Otra consecuencia ambiental del uso de materiales es la liberación al ambiente de materiales tóxicos que están asociados con el flujo de materiales particulares muestra la gran masa de liberaciones químicas tóxicas que ocurre con los sectores industriales asociados con la construcción y operación del entorno urbanístico.

#### **3.7.3. CEMENTO**

El concreto es una mezcla de cemento, agregados finos (arena), agregados gruesos (por ejemplo, grava), agua y aire. La figura 14.8 muestra una composición típica de concreto. Advierta que los agregados llevan hasta 70% de la masa del concreto, y el cemento lleva hasta 10% de la masa total. El agregado sirve principalmente como un relleno barato e inerte. El cemento Portland es el agente de unión en el concreto. Se produce de la clínquerización (temperaturas de calientes a altas) de fuentes de calcio (carbonato de calcio, conchas) y silicio (arcilla, esquisto) en un horno. El Clinker final es puesto en tierra con una fuente de sulfato soluble (yeso) para formar el polvo gris familiar. La producción del

cemento Portland es un contribuyente principal para la producción mundial de CO<sub>2</sub>. Las 1.45 mil millones de toneladas métricas de producción global de cemento justifican 2% del uso de energía principal global y 5% de emisiones antropogénicas (derivados de humano) de CO<sub>2</sub>. En promedio, fabricar 1 kg de cemento produce 1 kg de CO<sub>2</sub>.

#### **3.7.4. ACERO REFORZADO**

El concreto es reforzado cuando se usa en aplicaciones estructurales o en donde no se puede tolerar el agrietamiento. La barra de reforzamiento de acero es referida como barra de refuerzo. El engranaje de acero se puede utilizar como un refuerzo en contra de las grietas por la temperatura y el encogimiento en las losas de concreto<sup>12</sup>.

### **3.8. RECICLAJE DE CONCRETO**

El concreto utilizado en el edificio de posgrados, puede ser reutilizado en construcciones futuras, teniendo en cuenta que su fabricación utiliza grandes materiales no renovables y ocasiona grandes daños ambientales.

El concreto está en todas partes. Es el segundo material más consumido después del agua y moldea nuestro entorno. Hogares, escuelas, hospitales, oficinas, vías y aceras, todos se hacen a partir del concreto. El concreto es extremadamente perdurable y puede conservarse por cientos de años en muchas aplicaciones. No obstante, las necesidades humanas cambian y se generan desechos – más de 900 millones de toneladas por año tan solo en Europa, los estados Unidos y Japón, y otro tanto desconocido en el resto del mundo. El concreto puede ser recuperado – el concreto puede ser triturado y reutilizado como agregado en nuevos proyectos.

---

<sup>12</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit



Como parte de la Iniciativa por la Sostenibilidad del Cemento (CSI, por sus siglas en inglés), la industria del cemento ha venido considerando el reciclaje de concreto como un componente de las mejores prácticas para el desarrollo sostenible. Este reporte proporciona información general sobre la situación al respecto desde una perspectiva global. En algunos países se logra una recuperación casi completa del concreto, en tanto que en otros países el potencial de recuperación de concreto es ignorado y termina como desecho innecesario en basureros municipales. Adicionalmente, las estadísticas sobre desecho de concreto no son fáciles de encontrar, en parte, por el relativamente bajo peligro que dicho desecho representa en comparación a otros tipos de desechos y por el poco interés del público al respecto.

Aunque el concreto es un desecho relativamente inofensivo, la industria del cemento apoya iniciativas para recuperar este recurso y minimizar la generación de desechos.

El reciclaje o recuperación del concreto presenta dos ventajas principales: (1) reduce la utilización de nuevos agregados vírgenes y los costos ambientales de explotación y transporte y asociados, y (2) reduce el desecho innecesario de materiales valiosos que pueden ser recuperados y reutilizados. A pesar de estas ventajas, el reciclaje de concreto no tiene un impacto significativo en la reducción de la huella de carbono (además de algunas reducciones que pueden ser logradas en transporte). La principal fuente de emisiones de carbono en el concreto está en la producción del cemento (cemento y agregados se mezclan para hacer concreto). No es viable separar el contenido de cemento en el concreto para su reciclaje o reutilización como nuevo cemento, por lo que no es posible reducir las emisiones de carbono por medio del reciclaje de concreto.

Para cada una de las iniciativas de reciclaje de concreto es necesario realizar un completo análisis del ciclo de vida. Aunque muchas veces la meta es el reciclaje total, el impacto global y la utilización óptima de los materiales siempre deben ser considerados. Refinar la recuperación puede resultar en un producto de alto grado, pero a un mayor costo ambiental. En la actualidad, la mayoría del concreto recuperado es utilizado como subbase vial y en proyectos de ingeniería civil. Desde la perspectiva de la sostenibilidad, actualmente estos usos de grados relativamente bajos proporcionan los mejores resultados.

El objetivo principal de este informe es promover el reciclaje de concreto como un tema de interés e invitar a la reflexión en esta área. El reporte presenta algunos temas claves de discusión sin profundizar demasiado en detalles técnicos. El reporte principalmente promueve la meta de “cero vertimiento de desechos de concreto”. Es importante anotar que los productores de cemento sólo ejercen una influencia indirecta en el apoyo de esta meta. El desarrollo sostenible es posible utilizando concreto si se emplean buenos diseños y planeación inicial y renovaciones y demoliciones cuidadosas. El reporte recomienda que todos los actores involucrados adopten una actitud sostenible en lo que al concreto se refiere. También recomienda una serie de indicadores clave. Hay un vacío de estadísticas confiables y consistentes. Mejores técnicas de reporte, junto con el establecimiento de objetivos claros producirán, al final, un mejor desempeño y menos desechos de concreto.

#### Recuperación del concreto:

- El concreto es un material durable de construcción que también puede ser recuperado
- Se estima que, en el mundo, se fabrican alrededor de 25 billones de toneladas de concreto cada año. Esto representa más de 1.7 billones de cargas de camiones anuales, o cerca de 6.4 millones de cargas diarias, o más de 3.8 toneladas por persona en el mundo cada año.
- En el mundo, la cantidad de concreto utilizado en construcción dobla la cantidad del resto de materiales utilizados incluyendo madera, acero, plástico, y aluminio.
- Cerca de 1,300 millones de toneladas de desechos son generadas en Europa cada año, de las cuales el 40%, o 510 millones de toneladas, corresponden a residuos de construcción y demolición (RCD). Los Estados Unidos producen cerca de 325 millones de toneladas de RCD y Japón unos 77 millones. Dado que China e India están produciendo y consumiendo más del 50% del concreto en el mundo, su generación de desechos también será significativa a medida que su desarrollo avanza.
- Muchos países tienen esquemas de reciclaje para RCD y se alcanzan altos niveles de recuperación en países como Holanda, Japón, Bélgica y Alemania. En algunos países el concreto de desecho usualmente se destina a vertederos municipales. Actualmente, los diferentes métodos de

cálculo y la disponibilidad de información dificultan la comparación entre países.

- El concreto recuperado a partir de RCD puede ser triturado y utilizado como agregado. Su uso más común es como sub base vial. También puede ser utilizado en concreto nuevo.
- Las devoluciones de concreto (concreto fresco, húmedo, devuelto a la planta de premezclado como exceso) también pueden ser recicladas exitosamente. Existen instalaciones de recuperación en muchos sitios de producción en el mundo desarrollado. Más de 125 millones de toneladas son generadas cada año.
- El reciclaje de concreto reduce la explotación de recursos naturales y los costos asociados de transporte; también reduce el desecho de concreto en vertederos de basura. No obstante, su impacto sobre la reducción de emisiones de gases con efecto invernadero es muy limitada ya que la mayoría de las emisiones ocurren durante la fabricación del cemento, y no es posible reciclar cemento por sí solo.
- Los esquemas de construcción verde reconocen la recuperación de RCD y apoyan la utilización de materiales reciclados incluyendo concreto reciclado<sup>13</sup>

### **3.9.CERTIFICACIONES:**

#### **3.9.1. LEED®:**

##### **DISEÑO:**

El Green Building Council de Estados Unidos ha desarrollado un sistema para certificar profesionales y el diseño, construcción y operación de edificios verdes. Este sistema de tasación es referido como Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental (LEED®). Los dueños de edificios, profesionales y operadores ven ventajas al tener su edificio certificado por LEED. Como ingeniero (aún como estudiante) puede tomar un examen para convertirse en profesional acreditado por LEED® . No requiere ninguna experiencia pero requiere que usted estudie y pase un examen escrito. La puntuación de LEED existe para las nuevas construcciones, los edificios existentes y los interiores comerciales. Actualmente, bajo desarrollo están los métodos para desarrollos de centro y caparazón, hogares y vecindarios.

---

<sup>13</sup> Reciclando concreto Cement Sustainability initiative, consejo mundial para el desarrollo sostenible

La tabla 14.2 proporciona la puntuación para una certificación LEED relacionada con nuevos proyectos comerciales o de mayor renovación<sup>14</sup>.

LEED, o Liderazgo en Energía y Diseño Ambiental, es un programa de certificación de edificios verdes, que reconoce las estrategias y prácticas de construcción mejores en su clase. Para recibir la certificación LEED, la construcción de los proyectos debe cumplir los requisitos previos y acumular puntos para alcanzar diferentes niveles de certificación. Los requisitos previos y los créditos son distintos para cada sistema de clasificación.<sup>15</sup>

Generalidades:

- Certificación desarrollada por USGBC (U.S. Green Building Council)
- Programa voluntario que promueve el diseño sustentable
- Evalúa el desempeño en 6 categorías
- Para estructuras típicas convencionales
- Aún es limitado para evaluar la sustentabilidad estructural y explícitamente otros factores involucrados en Green Design<sup>16</sup>

Ventajas LEED ®:

- Revertir la contribución del cambio climático
- Mejorar la salud y bienestar humano
- Proteger y restaurar recursos hídricos
- Proteger, mejorar y restaurar los ecosistemas y la biodiversidad
- Promover ciclos sostenibles y regenerativos de materiales
- Crear economías “verdes”
- Mejorar la equidad social, justicia ambiental, salud social y la calidad de vida

### **3.9.2. OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Es imperativo que edificios propiamente diseñados y construidos sean operados y mantenidos para desempeñarse a su máxima eficiencia y efectividad a lo largo de su ciclo de vida. El desempeño y gestión del ciclo de vida del entorno urbanístico debe ser optimizado para maximizar el retorno de la inversión mientras se consideran los impactos de salud, seguridad, funcionalidad, durabilidad,

---

<sup>14</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit

<sup>15</sup> <http://www.usgbc.org/leed>, accesado(26/Abril/2016)

<sup>16</sup> Sánchez – Flores conferencia (2016) op. cit .

económicos, ambientales y sociales. Las operaciones y el mantenimiento (O&M) son las actividades relacionadas con el desempeño de las acciones de rutina, preventivas, predictivas, agendadas y no agendadas dirigidas a prevenir la falla o el rechazo del equipo con la meta de incrementar la eficiencia, la confiabilidad y la seguridad.

La O&M se tasa a partir del funcionamiento confiable de los sistemas internos como el alumbramiento, calentamiento y enfriamiento, y los sistemas de provisión/regreso de agua y aire para la limpieza, reparación y el reamueblamiento de varios componentes. De conformidad, aquellos responsables de la O&M se deben incluir durante la etapa de diseño y el usuario final también se debe considerar cuando se establecen mejores prácticas. La tabla 8 identifica algunos elementos específicos de una operación efectiva y programa de mantenimiento<sup>17</sup>.

Tabla 8: Elementos de un programa efectivo de operación y mantenimiento(O&M) de edificios

Elemento de programa efectivo de operación y mantenimiento	
Sistemas y equipo de calentamiento, ventilación y enfriamiento (HVAC)	El consumo y conservación de energía para cumplir con las demandas de HVAC está pesadamente atado a la O&M. Un arreglo complejo de equipo debe funcionar con desempeño pico. El diseño debe proporcionar fácil acceso para el mantenimiento y la reparación.
Sistemas y equipo de calidad de aire interior	Los sistemas de ventilación y distribución de aire se deben mantener y revisar con frecuencia para su desempeño óptimo. La mala calidad del aire interior reduce la productividad, puede provocar enfermedades y ser una responsabilidad financiera. La coordinación entre los sistemas de distribución de aire y los esquemas de mueblería es especialmente importante. El aire fresco debe proporcionarse en donde la gente aprende y trabaja. Inspección regular para contaminantes biológicos y químicos.
Equipos y productos de limpieza	La utilización de productos y equipos de limpieza no tóxicos y degradables reduce las emisiones y los costos de la O&M, y mejora la calidad del aire de interiores y la productividad de los ocupantes. Seleccione materiales que requieran de poca a nada de limpieza o limpiadores menos peligrosos. Los requisitos para los contratos de limpieza pueden ser hechos dentro de un programa de "compra preferentemente ambiental" en donde existe una política para escoger productos y servicios que reducen los efectos adversos.
Materiales	Las opciones deben reflejar la química y la ingeniería verdes. Los materiales seleccionados para interiores (cubierta de piso, muebles, pinturas y telas) se deben evaluar no sólo por sus impactos durante la fabricación y el término de su vida sino también por los requerimientos de la O&M. Lo mismo aplica para los materiales (selladores, empaquetaduras y aislamiento) que entran en la superestructura de un edificio y en el forro exterior.
Accesorios y sistemas de agua	Las inspecciones de rutina y el programa de mantenimiento deben verificar que los accesorios y los sistemas estén funcionando efectivamente y al mismo tiempo asegurar que las fugas y los componentes sean rápidamente reparados.

<sup>17</sup> Mihelcic, James, Zimmerman, Julie, Junio 2011 op.cit

Aguas negras	Pueden ser atrapadas y reutilizadas para descargar los sanitarios y para irrigación. La reducción o eliminación de consumo de agua potable para las aplicaciones no potables reduce las descargas a las instalaciones de tratamiento de aguas residuales y reduce el uso de energía y químicos para el tratamiento. Los procedimientos de la O&M deben asegurar que las fugas sean direccionadas y los sistemas sean separados de los sistemas de aguas negras. Los sistemas de recopilación de aguas pluviales tienen componentes para la captura, almacenaje y administración. Los sistemas de captura requieren pantallas y filtros; el mantenimiento de sistemas de administración depende de si el sistema es alimentado a través de bombeo o gravedad.
Sistemas de desperdicios	El reciclaje requiere consideración de espacio para clasificar materiales, itinerarios para recolectar y vaciar los contenedores y métodos para mejorar el cumplimiento. Los sistemas de composta deben asegurar que los volúmenes calculados puedan ser acomodados y mantenidos en términos de rotar (aerear) el material, asegurando la proporción C:N correcta, y con el vaciado y uso de los productos finales de la composta de una manera tal que minimice los olores.
Mantenimiento del paisaje	El uso de plantaciones nativas puede reducir los requerimientos y costos de paisajes. Después de que se establece la vegetación natural, generalmente no existe necesidad de agua, fertilizantes y pesticidas. El manejo de plagas integrado puede reducir la necesidad de químicos peligrosos y pesticidas.
Comunicación	Instalar un sistema de retroalimentación de desempeño de edificios que reporta continuamente el consumo y la generación de energía y agua. Esta información permitirá la rápida respuesta a cuestiones como fugas o corto circuitos. Utilice información para informar a los ocupantes cómo su comportamiento (como dejar las luces o computadoras encendidas o las ventanas abiertas) afecta el desempeño del edificio en términos de su impacto ambiental. Los estudios muestran que cuando se entrega información en tiempo real a través de kioscos, despliegue de pantallas o herramientas activadas en la web, los ocupantes modificarán su comportamiento para maximizar el desempeño ambiental del edificio.

Fuente: Ingeniería Ambiental: Fundamento, Sustentabilidad, Diseño

### 3.9.3. LEED® EN COLOMBIA:

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible – CCCS:  
 Colombia creó el CCCS (Consejo Colombiano de Construcción Sostenible) Es una organización privada sin ánimo de lucro, fundada en febrero del 2008, cuya misión es liderar la transformación de la actividad de la construcción y del desarrollo urbano hacia una mayor sostenibilidad. Es un miembro emergente del Consejo Mundial de Construcción Sostenible USGBC.

Aliados del USGBC y el GBCI (Green Building Certification Institute) para el



desarrollo de LEED en Colombia. La herramienta de Certificación LEED® se ha posicionado como el sistema más importante en certificación sostenible en el mundo con +68.600 proyectos comerciales certificados, los cuales representan 1.200 millones de metros cuadrados, con presencia en los 50 estados de EE.UU. y más de 150 países en el mundo. En Colombia el mercado ha tenido un crecimiento promedio del 28% anual con más de 4.1 millones de metros cuadrados.<sup>18</sup>

### 3.9.4. PROYECTOS LEED EN COLOMBIA:

Tabla 9: Proyectos Leed, Certificados en Colombia

Ciudad	Nombre del Proyecto	Categoría	Nivel de Certificación
Bogotá	3M Centro Técnico de Servicio	LEED-NC v2009	Certificado*
	Hotel Aloft Aeropuerto	LEED-NC v2009	Oro
	Oficinas Principales Contempo	LEED-CI v2009	Certificado*
	Ecotower	LEED-NC v2009	Certificado*
	Panoramic Eco Business Club Torre 1	LEED-CS v2009	Plata
	Edificio Novartis	LEED NC 2.2	Plata
	Falabella Centro Mayor	LEED Retail (CI) 1.0 Piloto	Certificado*
Medellín	Dirección General Bancolombia	LEED EB:OM v2009	Oro
	Hospital Universitario San Vicente de Paul	LEED NC 2.2	Plata
	Falabella Santafe Medellín	LEED Retail (CI) 1.0 Piloto	Certificado*
Guarne - Antioquia	Centro de Distribución AVON	LEED-NC v2009	Oro
Pereira	Falabella Parque Arboleda	LEED Retail (CI) 1.0 Piloto	Plata
Bucaramanga	Homecenter Bucaramanga La Rosita	LEED-NC v2009	Plata
Manizales	Homecenter Manizales	LEED-NC Retail v2009	Oro

\*Certificado es el nivel básico, acorde con la estructura del sistema.

Fuente:[http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Arquidisen/boletin/images/feb2013/proyectos\\_LEED\\_colombia.pdf](http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Arquidisen/boletin/images/feb2013/proyectos_LEED_colombia.pdf)

<sup>18</sup><https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/>, accesado(26/Abil/2016)

Los 62 proyectos certificados están ubicados en: Bogotá, Sabana de Bogotá, Medellín y municipios antioqueños, Barranquilla, Bucaramanga, Cartagena, Palmira, Pitalito, Guajira, Montería<sup>19</sup>.

### **3.10. NORMATIVIDAD SUSTENTABLE EN COLOMBIA**

La Norma Colombiana de Diseño Sismo Resistente NSR-10 da referencia a las edificaciones ambientales en su capítulo A. El cual da énfasis en el cumplimiento con las legislaciones y reglamentaciones nacionales para el uso adecuado de los recursos naturales sin producir deterioro y daños en este.

#### **3.10.1. NSR-10 Capítulo A.1:**

**A.1.3.13-CONSTRUCCIÓN RESPONSABLE AMBIENTALMENTE:** Las construcciones que se adelanten en el territorio nacional debe cumplir con las legislación y reglamentación nacional, departamental y municipal o distrital respecto al uso responsable ambientalmente de los materiales y procedimientos constructivos. Se deben utilizar adecuadamente los recursos naturales y tener en cuenta el medio ambiente sin producir deterioro en él y sin vulnerar la renovación o disponibilidad futura de estos materiales. Esta responsabilidad ambiental debe desarrollarse desde la etapa de diseño y aplicarse y verificarse en la etapa de construcción, por todos los profesionales y demás personas que intervengan en dichas etapas.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup>[http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Arquidisen/boletin/images/feb2013/proyectos\\_LEED\\_colombia.pdf](http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Arquidisen/boletin/images/feb2013/proyectos_LEED_colombia.pdf), Accesado 26 de mayo del 2016

<sup>20</sup>Norma Colombia de Diseño Sismo Resistente, NSR10, ministerios de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y del Interior, (2012)



#### **4. EDIFICIO DE POSGRADOS UN CASO DE ESTUDIO APLICABLE**

El edificio de Posgrados, se encuentra ubicado en la Universidad Libre Seccional Pereira, en la sede de Belmonte. Actualmente en el edificio se dictan carreras de especialización para educación superior, tanto para ex alumnos de la Universidad Libre como para estudiantes de todo el país.

##### **4.1. ANTES DE LA ADECUACIÓN**

Anteriormente, el edificio era propiedad de CENPAPEL, empresa la cual se dedicaba al estudio e investigación de papeles y sus derivados.

La estructura constaba de tres pisos, los cuales el primer piso eran oficinas y parqueaderos, y los dos restantes laboratorio, de mesones largos para el estudio y elaboración de los papeles finos.

La empresa decidió cerrar en el año 2009, la Universidad Libre, tuvo la iniciativa de comprar la edificación para abrir su sede de posgrados, pensando en una edificación sustentable, ya que tendría que invertir poco dinero en su adecuación y no causaría mayor impacto ambiental.

Figura 6: CENPAPEL, Centro Papelero Fernando Cruz Meza



Fuente:<https://es.alltravels.com/colombia/risaralda/pereira/fotos/corriente-foto-86429794> - 26 abril 201

#### **4.2. DESPUÉS DE LA ADECUACIÓN:**

El edificio fue rediseñado con el fin de habilitar nuevos salones para los cursos de posgrados de la Universidad Libre. La estructura se basa en un diseño sustentable, debido a que la mayoría de los materiales utilizados en la restauración, sirven como materiales sostenibles, además algunos de ellos pertenecían a la anterior edificación.

Figura 7: Universidad Libre seccional Pereira- Posgrados



Fuente: Los Autores

En esta fotografía, podemos observar una perspectiva nueva de la entrada del edificio de Posgrados, comparada con la fotografía anterior de CENPAPEL, donde se puede ver, el cambio de la estructura, después de su reconstrucción.

También podemos observar, los nuevos materiales implementados, en la entrada. Las paredes de silcoplast, en los dos bloques nuevos, como parte de la nueva fachada de la entrada.

El silcoplast es un revestimiento plástico de acabado texturizado tipo perlita, elaborado con ligantes acrílicos base agua y granos de mármol y arenilla de granulometría controlada, que forma una barrera impermeable a la lluvia con un poderoso bloqueador solar que la protege de los rayos del sol ofreciendo máxima protección, resistencia y durabilidad de hasta 5 años en exterior<sup>21</sup>

Figura 8: Edificio de Posgrados



Fuente: Los Autores

La estructura consta de dos bloques laterales nuevos y un bloque medio existente los cuales son descritos a continuación.

Los elementos estructurales de la anterior edificación se mantienen en el bloque medio existente, adicionalmente se conservan algunos elementos no estructurales como: puertas, ventanas, pisos hechos tipo Payande.

Los elementos anteriormente descritos quedaron en el mismo sitio. Se requirió de un mantenimiento general en cada uno de los elementos reutilizados.

En el segundo y tercer piso funcionaban los laboratorios, constituidos por mesones de gran longitud, que servían para los diferentes ensayos de laboratorio, que fueron demolidos para dar una mejor distribución a los salones actuales. Dichos salones se encuentran divididos por estructura liviana (Superboard). Se implementó un sistema de aire acondicionado para todos los salones, y se dotaron con elementos de aprendizaje como tableros, videobeams y sillas.

Figura 9: Bloque nuevo Edificio de Posgrados



Fuente: Los Autores

El nuevo bloque lateral derecho del Edificio de Posgrados, cuenta con nuevas áreas para alumnos y docentes. Los elementos estructurales como columnas y vigas están hechos en concreto a la vista, evitando utilizar materiales para acabados como la pintura. Los muros divisorios, son en estructura liviana con acabado en silcoplast.

En el primer nivel, el edificio dispone de una cafetería con terraza hecha con algunos elementos en madera en la parte de la cubierta, que sirven como materiales sustentables y pueden ser aprovechados en una futura edificación o algún área en particular de la Universidad Libre.

En el segundo nivel, el bloque dispone de una sala de descanso para los docentes, con pared en vidrio, también reciclable, que permite una mejor iluminación, disminuyendo gastos en energía.

El tercer nivel, cuenta con un salón con materiales en madera en su totalidad y vidrios, que hacen de él, un espacio sustentable.

Figura 10: Terraza cafetería Edificio de Posgrados





Fuente: Los Autores

Se puede observar que la mayoría de los materiales con los que está hecha la terraza de la cafetería, son materiales sustentables. Metal, madera y guadua. Estos tres materiales, son utilizados, en la mayoría de edificaciones sustentables y sirven, para ser reutilizados, en cualquier otro proyecto de Ingeniería.

La cubierta, cuenta con vigas en metal, que pueden ser utilizadas en un nuevo proyecto, si tuvieran que ser reemplazadas en caso de un nuevo diseño o una nueva reforma. La cubierta, también cuenta en una gran parte con cuarterones en madera, un material reciclable y reutilizable. La guadua también forma parte del adorno de la terraza, material también reutilizable.

También se puede observar, que el diseño de las columnas y viga, que forman el arco de soporte a la cubierta, tienen acabado en Silcoplast.

Figura 11: Segundo nivel Edificio de Posgrados



Fuente: Los Autores

Las barandas de seguridad del segundo nivel del edificio, son metálicas, material sustentable de fácil manejo y desmonte, reutilizadas de la construcción anterior.

Los muros de la fachada son en estructura liviana (superboard) y acabado en silcoplast. Las placas de superboard, pueden ser removibles, en caso de un cambio en la distribución de los muros y pueden ser reutilizadas en otra área del edificio.

Podemos observar claramente, que no fueron utilizados vidrios templados, en la conformación de los muros, lo que permite, una iluminación totalmente natural, que evita, el gasto de energía eléctrica, y crea un menor impacto ambiental. También se evita, la instalación de sistemas de aire acondicionado, ya que la utilización de barandas, en vez de muros, facilita, la entrada de aire natural a los pasillos.

Figura 12: Acceso en rampas al bloque nuevo Edificio de Posgrados



Fuente: Los Autores

El acceso por rampas al segundo y tercer nivel del bloque nuevo, del edificio de posgrados, permiten el acceso a personas discapacitadas, además las rampas cuentan con una pendiente poco inclinada.

El acceso tiene en su totalidad paredes en vidrio templado, material totalmente reciclable y reutilizable, de fácil desmonte para ser llevado a un nuevo proyecto y que permite una amplia visibilidad de las zonas verdes y aprovecha al máximo la iluminación natural sin tener un gasto adicional de la energía eléctrica, creando de esta manera un menor impacto ambiental y que hace del acceso al nuevo bloque del edificio de posgrados una parte sostenible.

Además, las columnas y las vigas, están hechas en concreto a la vista, evitando el uso excesivo de materiales adicionales, para su acabado final, disminuyendo, los costos en la ejecución de esta área.

Figura 13: Rampa de acceso segundo piso bloque lateral derecho nuevo





Fuente: Los Autores

El acceso al edificio lateral derecho nuevo, no cuenta con escaleras ya que se tuvo en cuenta en el diseño y construcción, a las personas discapacitadas, dando poca pendiente a las rampas de acceso. Las barandas se reutilizaron de la edificación anterior y se adornó con guadua para crear un ambiente más natural, evitando el uso de materiales, no reciclables.

La parte estructural es con concreto a la vista, esto hace el edificio más liviano y la mayoría de sus paredes están en SuperBoard, y con vidrio templado lo que hace un ambiente agradable y con buena vista.

Figura 14: Separación de las edificaciones



Fuente: Los Autores

El hecho, de tener, una edificación antigua, y construir una nueva, fue necesario instalar, una junta sísmica, que permitiera el movimiento independiente, de cada una de las estructuras, ante un evento sísmico. Ya que el momento cortante del suelo, era diferente, para cada edificación.

La junta sísmica, permite una independencia de dos macizos adyacentes, de forma que el movimiento de uno, se produce de manera independiente de otro. La junta, también ayuda a que las estructuras, cumplan con una simetría adecuada, para que al momento de un sismo, se vean afectado.

Figura 15: Columna y vigas del bloque lateral derecho nuevo



Fuente: Los Autores

La cubierta está hecha en policarbonato y de color transparente, esto para tener más cantidad de luz y así ahorrar energía, teniendo por tanto, un mínimo número de lámparas.

Los techos de policarbonato están formados por planchas de un material de plástico duro, resistente, liviano, durable, fácil de moldear y de teñir en cientos de colores, lo que ya de por sí entrega muchas posibilidades, ya que podemos manipularlo para los distintos ambientes. A la hora de cubrir superficies en las que deseemos mantener la iluminación, este material es el adecuado por sus propiedades e innumerables ventajas. Es un material translúcido, Es moldeable, Es muy resistente, Es duradero, y Ofrece aislamiento térmico<sup>22</sup>.

---

<sup>22</sup> <http://biosttek.com/6-ventajas-de-los-techos-de-policarbonato/>, Accesado 26 de mayo del 2016

Figura 16: Segundo piso bloque lateral derecho nuevo



Fuente: Los Autores

En esta imagen se puede notar la estructura reutilizada y las dos estructuras nuevas, con algunos detalles como paredes en SuperBoard, pasamanos reutilizados y las columnas en tubería de acero color negra que se dejaron para mostrar una vista más moderna.

Los muros de Superboard, es el material más utilizado en la nueva edificación, material reciclable y de desmonte fácil, que evita un sobrepeso en la estructura y disminuye los costos. Superboard es una placa de cemento, con una superficie texturada en bajo relieve, que aumenta de forma inmejorable la adherencia de revestimientos cerámicos, piedras o fachaleta resistente al agua y a los impactos.

Las paredes construidas con superboard absorben correctamente los movimientos provocados por un sismo, reduciendo al mínimo los riesgos de daño y colapso, ya que no comprometen la estructura general de la edificación en donde están instaladas. Garantizan gran seguridad dada su alta resistencia al fuego, en caso de incendio, las paredes construidas con estas placas ofrecen suficiente protección mientras se evacuan las personas y bienes a un lugar seguro<sup>23</sup>.

---

<sup>23</sup> <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/208185/Superboard-MAD-6mm-2440x1220-24.72Kg-aprox/208185>, Accesado 26 de mayo del 2016



Figura 17: Bloque nuevo Edificio de Posgrados



Fuente: Los Autores

El nuevo bloque del edificio de Posgrados, ubicado en la parte derecha de la entrada principal, cuenta con columnas en concreto a la vista, escaleras reutilizadas de las antiguas del edificio de CENPAPEL y también dispone de muros en estructura liviana y acabado en silcoplast, lo que hace al nuevo bloque del edificio también una edificación sostenible.

Los muros construidos en superboard, constituyen una parte importante de él, también evitan sobrepeso en la edificación, y no son de gran altura, lo que permite la ventilación natural, y evita la instalación de aire acondicionado. Así como la instalación de vidrio templado en su parte intermedia, reduciendo de esta manera costos en su ejecución.

Figura 18: Escaleras de acceso al bloque del Edificio de Posgrados



Fuente: Los Autores

Escaleras del nuevo bloque del edificio de posgrados, con pasamanos y barandas de seguridad metálicas, que también pueden ser removidas y llevadas a un nuevo proyecto. Los muros que rodean las escaleras también son en superboard y acabado en Silcoplast.

Las escaleras, son parte de la edificación antigua, y fueron reutilizadas en su mayor parte, en este nuevo bloque, disminuyendo costos en la ejecución del proyecto, y tiempo en los plazos de entrega. Permitiendo también, poder reutilizarlas, nuevamente, en un proyecto futuro, si fuera necesario.

Estas escaleras, cuentan también, con iluminación natural, debido al poco número de muros que la rodean, permitiendo ventilación natural, como en los pasillos de la edificación.



Figura 19: Jardín del Edificio de Posgrados



Fuente: Los autores

El Jardín del Edificio de posgrados permite un entorno menos contaminado por estructuras adyacentes, generando un mayor impacto ambiental al edificio.

El gran número de árboles y plantas, que rodean la edificación, permite la descontaminación en gran parte del edificio, puesto que los árboles y las plantas, producen oxígeno, y absorben los gases como el dióxido de carbono, responsable del efecto invernadero causante principal del aumento de temperatura en la tierra.

El jardín, también, se encarga de atraer, nuevas especies de animales, alrededor del edificio, aumentando las posibilidades de crear un ecosistema nuevo, permitiendo un ambiente mucho más agradable para estudiantes y visitantes que se acerquen al edificio de Posgrados

### 4.3. REDUCCIÓN DE CO2 EDIFICIO DE POSGRADOS

Al reutilizar la edificación de posgrados, se hace un gran aporte al medio ambiente, ya que se deja de producir una gran cantidad de concreto, la cual emite CO2 al medio ambiente, y al reutilizar la estructura se evita emitirlo a la atmósfera, convirtiendo el edificio de posgrados en una edificación sustentable.

La producción de un metro cúbico de concreto emite una tonelada de CO2 a la atmósfera.<sup>24</sup>

En la siguiente tabla se calcula cuanto CO2 se evitó emitir por reutilizar la edificación.

Tabla 11: Cálculo volumen de concreto edificación antigua posgrados

Elemento	Cantidad	Longitud	Ancho	Alto	Volumen m3
Columnas	42	3.5	0.25	0.25	9.19
Vigas	42	5	0.25	0.35	18.38
Losas	3	25	5	0.4	150.00
Total					<b>177.56</b>

Fuente: Los Autores

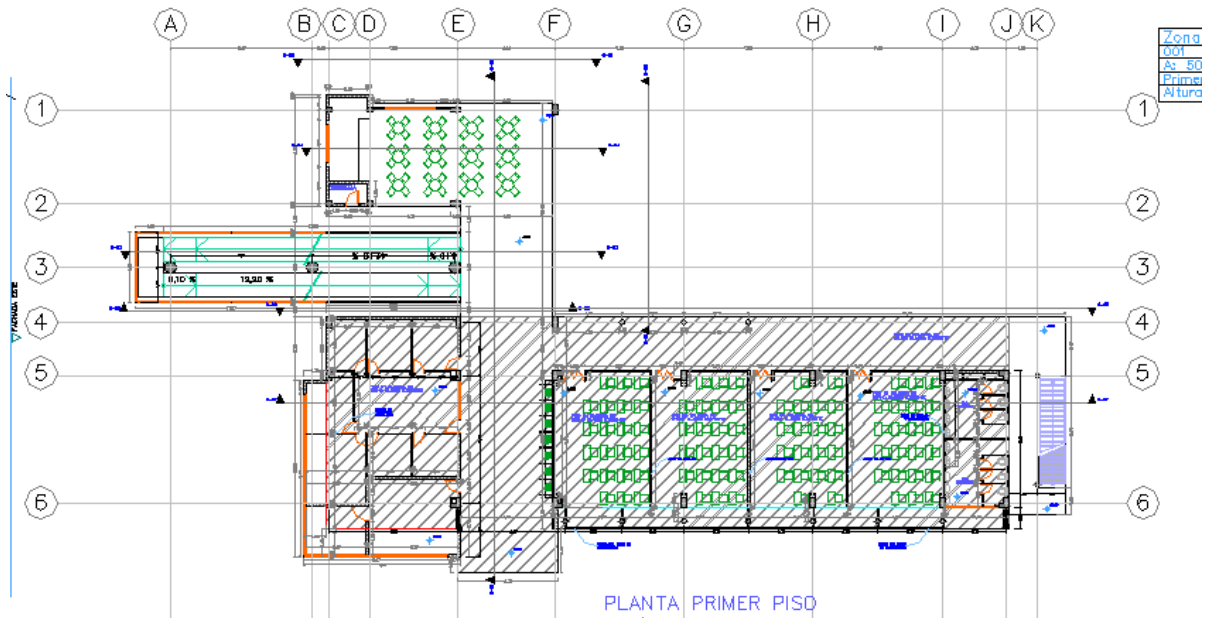
Para la construcción de la edificación antigua fueron necesarios 177.56m3 de concreto, lo que quiere decir que al reutilizarlo se dejó de emitir 177.56 toneladas de CO2 a la atmósfera

### 4.4. PLANOS ARQUITECTÓNICOS EDIFICIO POSGRADOS

<sup>24</sup> <http://horsost.blogs.upv.es/2014/11/08/cuanto-co2-se-emite-cuando-empleamos-hormigon/> - Accesado 19 de mayo de 2016

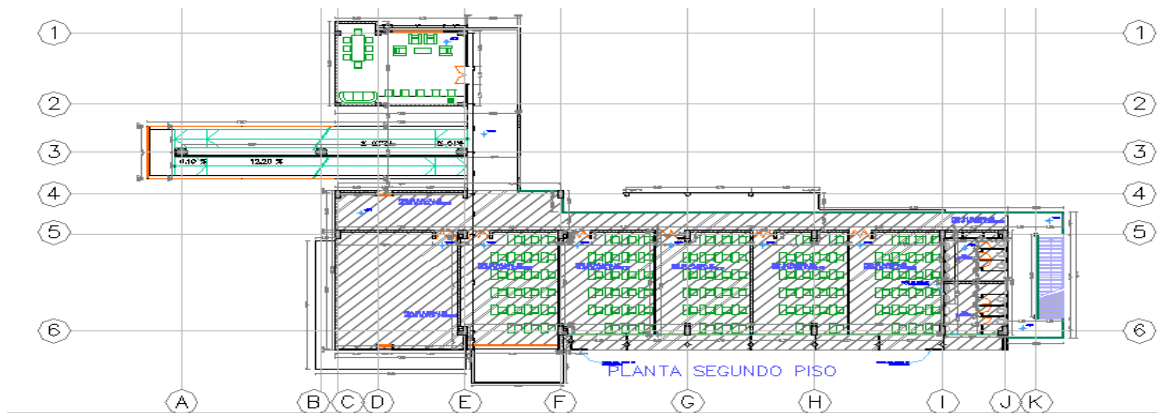


Figura 20: Planta primer piso



Fuente: Servicios Generales Universidad Libre Seccional Pereira

Figura 21: Planta segundo piso



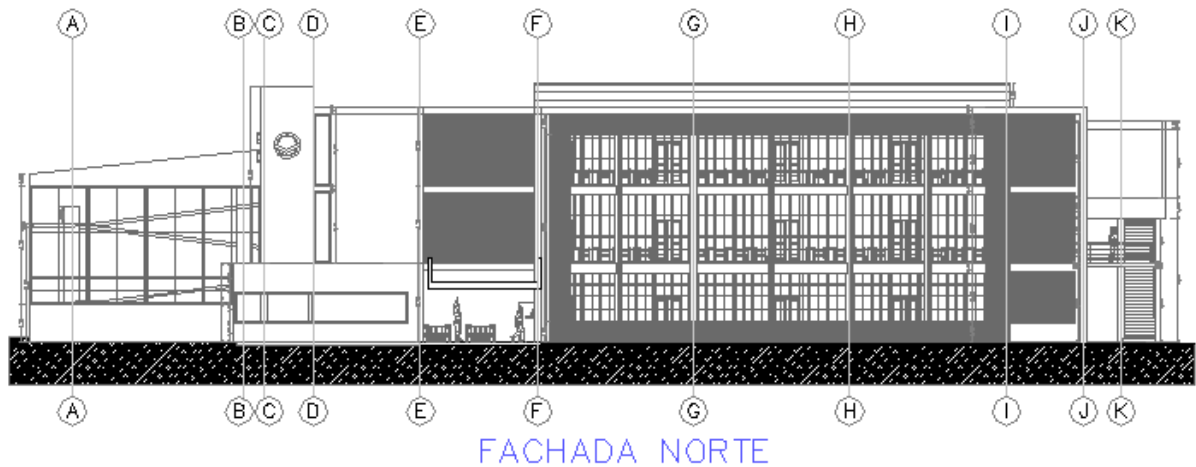
Fuente: Servicios Generales Universidad Libre Seccional Pereira

Figura 22: Planta tercer piso



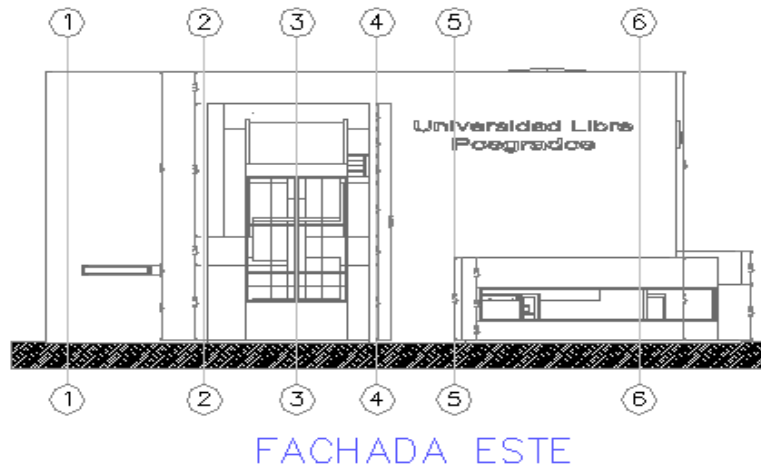
Fuente: Servicios Generales Universidad Libre Seccional Pereira

Figura 23: Alzado fachada Norte



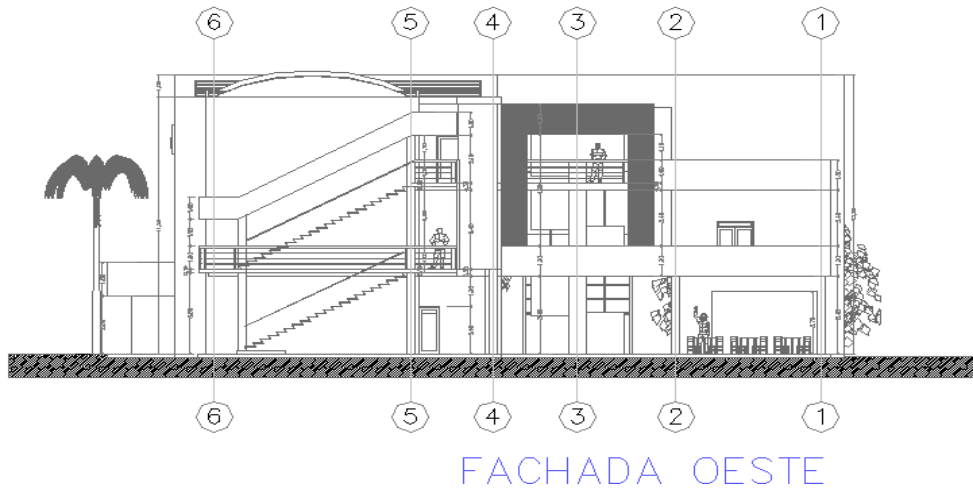
Fuente: Servicios Generales Universidad Libre Seccional Pereira

Figura 24: Alzado fachada Este



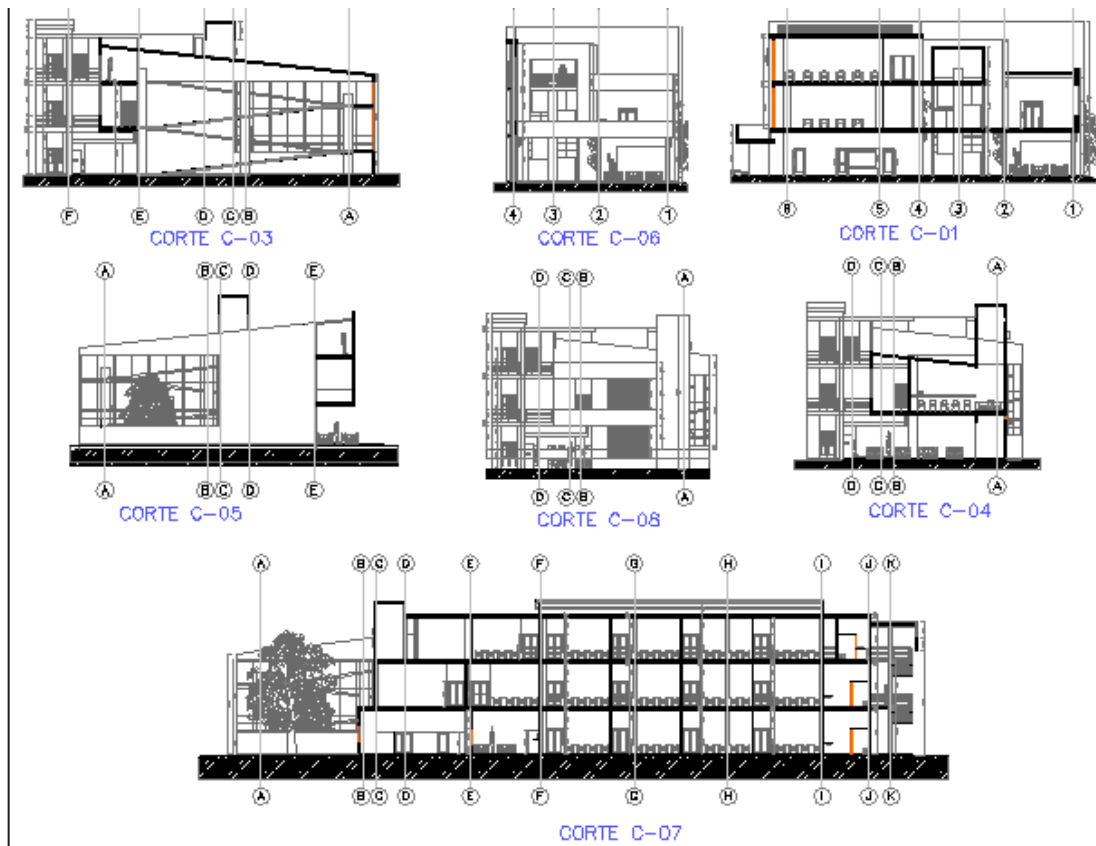
Fuente: Servicios Generales Universidad Libre Seccional Pereira

Figura 25: Alzado fachada Oeste



Fuente: Servicios Generales Universidad Libre Seccional Pereira

Figura 26: Cortes



Fuente: Servicios Generales Universidad Libre Seccional Pereira

## 5. CONCLUSIONES

- ✓ Las edificaciones sustentables o sostenibles, son necesarias para el futuro de la Ingeniería Civil, y del planeta, puesto que evitan la sobreexplotación de los recursos naturales, disminuyen la cantidad excesiva de desechos y materiales tóxicos, generan menos gastos en la ejecución de un proyecto, permiten utilizar materiales de anteriores edificaciones, y sirven para reciclar esos mismos materiales, cuando dicha edificación, llegue al final de su vida útil, permitiendo que sean reutilizados en un nuevo proyecto.
- ✓ El Edificio de Posgrados de la Universidad Libre Seccional Pereira, cumple con los requisitos para ser llamado una edificación sustentable o sostenible, ya que los materiales de la edificación, son materiales totalmente reciclables y reutilizables que generan un menor impacto ambiental, y que pueden ser utilizados en próximos proyectos.
- ✓ El hecho de poder comparar el antes y el después del edificio posgrados, nos da una idea de lo que se puede lograr en una edificación sustentable, dando ejemplo a otros centros educativos de la ciudad, para que inicien proyectos similares al del Edificio de Posgrados de la Universidad Libre Seccional Pereira.
- ✓ En este trabajo se pudo investigar la sostenibilidad del edificio de posgrados por las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera, y se concluye que el edificio dejó de emitir 147 toneladas de CO<sub>2</sub>.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda el estudio de la posibilidad de obtener la certificación Leed por operación y mantenimiento, realizando un inventario por eficiencia energética y conteo inmobiliario por compuestos orgánicos volátiles del edificio de posgrados.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLTRAVELS, Cenpapel, (Accesado 20 de Febrero 2016), Disponible en: <https://es.alltravels.com/colombia/risaralda/pereira/fotos/corriente-foto-86429794>
- BIOSTTEK, Fabricante techos de aluminio, (Accesado 26 de mayo del 2016), Disponible en: <http://biosttek.com/6-ventajas-de-los-techos-de-policarbonato/>.
- CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIONES SOSTENIBLES, Programa LEED en Colombia, (Accesado 23 de febrero 2016), Disponible en: <https://www.cccs.org.co/wp/capacitacion/talleres-de-preparacion-leed/>
- CONSEJO MUNDIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE, Cement Sustainability initiative, Reciclando concreto
- HOMECENTER, Superboard MAD, (Accesado 26 de mayo del 2016), Disponible en: <http://www.homecenter.com.co/homecenter-co/product/208185/Superboard-MAD-6mm-2440x1220-24.72Kg-aprox/208185>
- LÓPEZ LÓPEZ, Víctor Manuel, Sustentabilidad y desarrollo sustentable: Origen, precisiones conceptuales y metodología operativa, Junio 2010.
- MIHELICIC, James, ZIMMERMAN, Julie, Ingeniería ambiental: fundamentos, sustentabilidad, diseño, Junio 2011
- NSR10, Norma Colombia de Diseño Sismo Resistente, ministerios de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, de Transporte y del Interior, (2012).

- PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA, Proyectos LEED certificados en Colombia, (Accesado 26 de mayo 2016), Disponible en: [http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Arquidisen/boletin/images/feb2013/proyectos\\_LEED\\_colombia.pdf](http://www.javeriana.edu.co/Facultades/Arquidisen/boletin/images/feb2013/proyectos_LEED_colombia.pdf).
- PINTUCO CONSTRUCCIÓN, Graniplast Premium Sicoplast, (Accesado 26 de mayo del 2016), Disponible en: <http://www.pintuco.com/index.php/productos-construccion/linea-de-productos/texturas/graniplast-silcoplast>.
- SÁNCHEZ-FLORES, Fernando, Conferencia Internacional, Sustentabilidad en Ingeniería Civil, Impartida en la Universidad Libre, Dictado 29 enero de 2016.
- SÁNCHEZ-FLORES, Fernando, Notas Seminario Internacional de edificaciones sustentable, impartido en la universidad libre Pereira, del 18 al 29 de enero del 2016.
- SÁNCHEZ FLORES, Fernando, Comunicación personal, 18 de Mayo del 2016.
- UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA, ¿Cuánto CO2 se emite cuando empleamos hormigón?, (Accesado 19 de mayo de 2016), Disponible en: <http://horsost.blogs.upv.es/2014/11/08/cuanto-co2-se-emite-cuando-empleamos-hormigon/>
- USGBC, LEED, (Accesado 26 de mayo del 2016), Disponible: <http://www.usgbc.org/leed>
- VIRTUAL PRO PROCESOS INDUSTRIALES, La cantera y el reflejo de un país por transformar, (Accesado 20 de Febrero) Disponible en: <http://www.revistavirtualpro.com/noticias/la-cantera-y-el-reflejo-de-un-pais-por-transformar>.