



## **INFORME FINAL**

# **GUÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE ESTRATEGIAS DE SOSTENIBILIDAD EN DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE COLEGIOS NUEVOS DE JORNADA ÚNICA EN COLOMBIA**

**Proyecto de investigación para el  
Fondo de Financiamiento de Infraestructura Educativa, FFIE**

**Bogotá, 1 de septiembre de 2017**

© Fondo de Financiamiento de Infraestructura Educativa, FFIE.

Proyecto de investigación presentado por el

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible, (CCCS)

Septiembre de 2017

Este documento se elaboró en el marco del contrato no. 1380-63-2016 suscrito entre el consorcio FFIE alianza BBVA y Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.

### **Interventoría del Contrato**

Eduardo Alberto Machado - Fondo de Financiamiento de Infraestructura Educativa (FFIE)

### **Autores**

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS): Felipe Holguín; Juan Felipe Morales

### **Investigadores**

Soluciones Energéticas Sostenibles SAS: Tomás Uribe; Pedro Ortiz

TC Proyectos SAS: Camilo Torres.

### **Editores**

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS): Cristina Gamboa; Natalia Páez; Camilo Luengas.

### **Agradecimientos**

Por su participación en las reuniones de seguimiento del contrato:

Ministerio de Educación Nacional: Enrique Bolívar; Nelson Andrés Izquierdo; Sergio Segura

Por los comentarios y aportes al documento:

Ministerio de Educación Nacional: Nelson Andrés Izquierdo

Fundación Argos: Gloria Lucía Galvis

Setri Sustentabilidad SAS: Angélica Ospina

A Escala Arquitectura SAS: Clara Rodríguez

Consejo Colombiano de Construcción Sostenible: Ana María Zambrano

*Colegio Rochester*

*Consultorio Ambiental de la Universidad Libre*

Documento Técnico definitivo | Distribución Gratuita – Prohibida su venta

**Advertencia**

El Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) procura que sus investigaciones e informes mantengan altos estándares de calidad. La información contenida en el presente documento denominado "Guía" es, por lo tanto, informativa e ilustrativa, y el CCCS no asume responsabilidad alguna frente a terceros por los eventuales perjuicios originados por el uso de la información contenida en el presente documento. Los conceptos técnicos y estrategias expresadas en este informe son de exclusiva responsabilidad del CCCS y no reflejan, necesariamente, los puntos de vista de sus Miembros y/o aliados. Se prohíbe su uso y/o reproducción total o parcial salvo autorización previa, expresa y escrita del titular. La violación de esta prohibición acarreará las sanciones legales pertinentes.

**Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)**

Calle 69 No. 4-48 of. 201, Bogotá, Colombia 110231

t: (57-1) 743-0950. m: (57) 310-759-0522 - (57) 310-759-0750

[info@cccs.org.co](mailto:info@cccs.org.co) - [www.cccs.org.co](http://www.cccs.org.co)

## TABLA DE CONTENIDO

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>1. METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. SOSTENIBILIDAD .....</b>	<b>5</b>
2.1    Uso eficiente de recursos .....	6
2.2    Calidad ambiental .....	6
2.3    Otros beneficios .....	7
<b>3. DISEÑO.....</b>	<b>9</b>
3.1    Descripción general .....	9
3.2    Objetivos de sostenibilidad.....	9
3.3    Estrategias para el desarrollo de diseños sostenibles .....	10
3.3.1 <i>Diseño integrativo</i> .....	10
3.3.2 <i>Selección del lugar</i> .....	12
3.3.3 <i>Energía</i> .....	17
3.3.4 <i>Agua</i> .....	45
3.3.5 <i>Atmósfera</i> .....	59
3.3.6 <i>Calidad del ambiente interior</i> .....	60
3.3.7 <i>Materiales</i> .....	82
3.3.8 <i>Desarrollo sostenible del lugar</i> .....	85
3.3.9 <i>Seguridad</i> .....	94
<b>4. CONSTRUCCIÓN .....</b>	<b>98</b>
4.1    Descripción general.....	98
4.2    Estrategias para el desarrollo sostenible de la construcción.....	98
4.2.1 <i>Desarrollo sostenible del lugar</i> .....	99
4.2.2 <i>Materiales y recursos</i> .....	101

4.2.3	<i>Calidad del ambiente interior</i> .....	107
<b>5.</b>	<b>OPERACIÓN</b> .....	<b>109</b>
5.1	Descripción general.....	109
5.2	Objetivos de sostenibilidad.....	109
5.3	Estrategias para una operación sostenible de los colegios.....	110
5.3.1	<i>Evaluación comparativa del colegio</i> .....	110
5.3.2	<i>Evaluación del desempeño térmico del colegio</i> .....	112
5.3.3	<i>Evaluación del desempeño de la iluminación del colegio</i> .....	113
5.3.4	<i>Evaluación del desempeño acústico del colegio</i> .....	114
5.3.5	<i>Energía</i> .....	115
5.3.6	<i>Agua</i> .....	116
5.3.7	<i>Manejo de residuos reciclables o reutilizables</i> .....	117
5.3.8	<i>Compras sostenibles</i> .....	118
<b>6.</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>122</b>
<b>7.</b>	<b>ANEXO 1. HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO AHORRO ENERGÉTICO</b> .....	<b>123</b>

TABLA 1. LÍNEAS BASE DE CONSUMO DE ENERGÍA PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE MÁS DE 1.500 ALUMNOS (IFC, 2015) .....	18
TABLA 2. PORCENTAJES DE AHORRO DE ENERGÍA MÍNIMOS PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE MÁS DE 1.500 ALUMNOS (IFC, 2015) .....	18
TABLA 3. LÍNEAS BASE DE CONSUMO DE ENERGÍA PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE HASTA 1.500 ALUMNOS .....	18
TABLA 4. PORCENTAJES DE AHORRO DE ENERGÍA MÍNIMOS PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE HASTA 1.500 ALUMNOS .....	19
TABLA 5. PARÁMETROS FOTOMÉTRICOS RETILAP .....	29
TABLA 6. REQUERIMIENTOS DE EFICIENCIA SEGÚN EL CAUDAL PARA VENTILADORES DE TECHO ..	32
TABLA 7. LÍNEAS BASE DE CONSUMO DE AGUA PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE MÁS DE 1.500 ALUMNOS (IFC, 2015) .....	46
TABLA 8. PORCENTAJES DE AHORRO DE AGUA MÍNIMOS OBLIGATORIOS PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE MÁS DE 1.500 ALUMNOS (IFC, 2015) .....	46
TABLA 9. LÍNEAS BASE DE CONSUMO DE AGUA PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE HASTA 1.500 ALUMNOS .....	46
TABLA 10. PORCENTAJES DE AHORRO DE AGUA MÍNIMOS PARA EDIFICIOS EDUCATIVOS SEGÚN EL TIPO DE CLIMA PARA COLEGIOS DE HASTA 1.500 ALUMNOS .....	46
TABLA 11. ESTANDARIZACIÓN DE NÚMERO DE USOS POR DÍA SEGÚN APARATO DE CONSUMO DE AGUA Y CARACTERIZACIÓN DEL USUARIO .....	47
TABLA 12. EFICIENCIAS ESTÁNDAR DE APARATOS SANITARIOS .....	47
TABLA 13. EJEMPLO - OCUPACIÓN .....	48
TABLA 14. EJEMPLO CÁLCULO DE AHORRO PARA SANITARIOS Y ORINALES .....	49
TABLA 15. EJEMPLO CÁLCULO DE AHORRO PARA LAVAMANOS Y LAVAPLATOS .....	50
TABLA 16. EJEMPLO CÁLCULO DE AHORRO ANUAL .....	51
TABLA 17. ACCESORIOS RECOMENDADOS PARA EDIFICIOS ESCOLARES (IFC, 2015) .....	52
TABLA 18. FÓRMULA PARA EL CÁLCULO DEL POTENCIAL ANUAL DE RECOLECCIÓN DE AGUAS LLUVIAS .....	53
TABLA 19. RANGOS ÓPTIMOS DE INTENSIDAD DEL SONIDO, (ICONTEC, 2015, CAPÍTULO 8.4)....	68
TABLA 20. ESTRATEGIAS RECOMENDADAS PARA EL CONFORT TÉRMICO SEGÚN EL CLIMA .....	69
TABLA 21. LÍMITES DE COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES (COVs) POR TIPO DE PRODUCTO ..	81
TABLA 22. RANGOS ÓPTIMOS DE INTENSIDAD DEL SONIDO (ICONTEC, 2015) .....	114
TABLA 23. CLASIFICACIÓN DE AMBIENTES (ICONTEC, 2015) .....	115

## INTRODUCCIÓN

El **Ministerio de Educación Nacional (Mineducación)** viene desplegando un ambicioso **Plan Nacional de Infraestructura Educativa** con el cual busca aumentar la capacidad de aulas escolares en establecimientos oficiales, con inversiones estimadas en cerca de \$4 billones de pesos. En sus planes y programas ha priorizado la necesidad de implementar un plan de acción para la estandarización y estructuración de estos proyectos de infraestructura escolar urbana y rural enmarcado en criterios de sostenibilidad ambiental, lo cual está evidentemente en línea con los compromisos nacionales de desarrollo bajo en carbono y crecimiento verde, y el reconocimiento a la relevancia del entorno construido en combatir el cambio climático la reglamentación inicial relacionada con construcción sostenible del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (Minvivienda). Con estas realidades y necesidades en mente también se requiere avanzar en una mejor comprensión práctica de las relaciones entre el sistema natural, el entorno construido y el rol de la infraestructura educativa y los currículums en la formación de jóvenes frente a los retos ambientales y sociales de nuestros tiempos.

Para avanzar en esa dirección, el Mineducación estructuró el desarrollo de una **“Guía para la implementación de estrategias de sostenibilidad en diseño y construcción de colegios nuevos de jornada única en Colombia”**, con el apoyo técnico e investigación del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). Su materialización fue posible gracias a recursos del Fondo de Financiamiento de Infraestructura Educativa (FFIE).

Con la aplicación de la presente Guía, el Mineducación y el CCCS buscan promover que la infraestructura escolar no solamente cumpla con la normativa colombiana vigente -en particular aquella de reciente expedición relacionada con eficiencia en el uso de agua y energía-, sino que las mencionadas inversiones fomenten e impulsen prácticas sostenibles de índole integral, bajo un modelo competitivo de costos en beneficio de todas las instituciones educativas a nivel nacional, las cuales eleven la calidad de vida de la población estudiantil.

En la industria de la construcción tanto a nivel nacional como internacional la “construcción sostenible” involucra mejores prácticas a lo largo del ciclo de vida de la edificación, desde la

planeación, el diseño, la construcción, la operación y el fin de uso de la misma. Esto significa que se promueve la toma de decisiones consientes y la implementación de mejores prácticas orientadas a mejorar sustancialmente la calidad y desempeño de las edificaciones para garantizar óptimas condiciones de salud de sus ocupantes y aumentar su bienestar y comodidad. De esta manera la sostenibilidad integral en el ámbito de la construcción considera aspectos tales como soluciones acordes con el clima, el uso de sistemas y soluciones que faciliten el logro de metas de ahorro en el consumo de energía y agua, la especificación de materiales con criterios de sostenibilidad, la adecuada selección del terreno y una óptima calidad ambiental interior.

Es importante señalar que el presente informe debe entenderse como un complemento a la documentación técnica existente de las autoridades competentes en cuanto a la infraestructura escolar. Esta Guía contiene una serie de **recomendaciones técnicas** basadas en estudios del contexto actual y de un análisis de costo-efectividad para apoyar el logro de las aulas adicionales requeridas para los colegios nuevos de jornada única, en línea con las mejores prácticas de construcción sostenible, en sus fases de diseño, construcción y operación.

Para cada una de las fases en mención, este documento presenta recomendaciones sobre diferentes estrategias que pueden ser implementadas en cumplimiento con la normativa relacionada al ahorro de agua y energía, y, en general, con criterios de sostenibilidad integral. Si bien la Guía se enfocó principalmente para ser de utilidad en el desarrollo de nuevos colegios, dadas las prioridades actuales de inversión del MEN, se considera que los principios expuestos podrían utilizarse igualmente en proyectos de renovación de colegios existentes.

Esta Guía está organizada de la siguiente manera. Luego de esta introducción, la sección 1 presenta la metodología y la 2 los conceptos utilizados al referirnos a sostenibilidad en la infraestructura educativa. Luego se detallan los objetivos, estrategias, beneficios de su implementación y los referentes asociados para cada una de las fases de diseño, construcción y operación de colegios las secciones 3, 4 y 5, respectivamente. La bibliografía se lista en la sección 6 y la 7 menciona la herramienta que estructuramos para apoyar el cálculo de ahorro energético en colegios.

## 1. METODOLOGÍA

La metodología para el desarrollo de este proyecto de investigación, cuyo objetivo es presentar recomendaciones para elevar el nivel de sostenibilidad de los planteles educativos en sus fases de diseño, construcción y operación, contempló cuatro grandes etapas de investigación:

La primera etapa involucró la revisión y evaluación del “**marco normativo**”, con el fin de revisar y evaluar la normatividad vigente a nivel nacional en materia de diseño, construcción y operación de edificaciones sostenibles. Así mismo, se realizó una evaluación sobre la aplicación de la regulación actual de infraestructura educativa y se profundizó en un estudio de las potenciales implicaciones derivadas de la implementación de la Resolución 549 de 2015 “Guía para el ahorro en agua y energía en edificaciones” del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Una vez culminado ese proceso, se consideró la norma técnica colombiana NTC 4595 “Planeamiento y diseño de instalaciones y ambientes escolares” (ICONTEC, 2015).

La segunda etapa de la investigación contempló el diagnóstico del “**estado del arte**” para un conjunto de colegios existentes seleccionados por el MEN. Este trabajo de campo se concentró en ubicar oportunidades de mejora y lecciones aprendidas, y, en particular, aquellas estrategias de sostenibilidad ya aplicadas en dichos planteles educativos. Para esta fase de investigación fueron seleccionaron diferentes tipos de colegios respecto a su ubicación (rural y urbana), antigüedad (entre uno y de más de 30 años de operación) y piso térmico (frío, templado, cálido-seco y cálido-húmedo). El trabajo de campo y levantamiento de información primaria se complementó con un análisis de la literatura internacional sobre diseño, construcción y operación de colegios sostenibles, y los proyectos más relevantes a nivel nacional e internacional: *LEED Reference Guide for Building Design and Construction* (USGBC); *Hong Kong Green School Guide* (HKGBC, 2013); *High Performance Schools Best Practice Manual* (CHPS, 2006); Documento Técnico Referencial CASA Colombia (CCCS, 2016); *BREEAM International New Construction* (BRE-Global, 2016); y la guía A de CIBSE para el diseño ambiental (CIBSE, 2015).

La tercera etapa de este proyecto involucró la elaboración de un **“informe técnico preliminar”**, en el cual se sintetizaron los estudios y análisis específicos para los colegios seleccionados, con el fin de avanzar en la elaboración de las recomendaciones para cada estrategia a plasmar en la presente Guía. Se documentaron consumos de recursos e información sobre eficiencia energética y se realizó la modelación de mecánica de fluidos para estudiar las condiciones de ventilación y confort de los colegios construidos con la normativa actual e identificar oportunidades de mejora. Los planteles educativos de la muestra corresponden a los colegios recientemente desarrollados y ubicados en cada piso térmico definido en la Resolución 549 de 2015. Adicionalmente, se desarrolló un **estudio de viabilidad financiera** para cada una de las estrategias que se ubicaron para proponer en diseño y construcción, con el objetivo de identificar los costos de implementación (en el caso que hubiese) y los beneficios económicos al implementar estas estrategias.

Finalmente, en la cuarta etapa se desarrolló el documento final que se presenta a continuación luego de una serie de revisiones y validaciones por parte de las entidades interesadas.

## 2. SOSTENIBILIDAD

El concepto integral de **construcción sostenible** se enfoca en las personas y su calidad de vida, para generar entornos prósperos y saludables que respeten el ambiente, los ecosistemas y la biodiversidad. Técnicamente se trata de un conjunto de mejores prácticas durante todo el **ciclo de vida** de las edificaciones: diseño, construcción, operación, renovación y demolición. Se involucra muy especialmente mediciones de desempeño y el concepto de diseño integrativo, como sistema de gestión que visualiza el desarrollo de un proyecto inmobiliario como un todo y no como un sin número de sistemas o soluciones aisladas. Esta mejor práctica redundante en la eficiencia en el uso de los recursos como energía y agua, una alta calidad ambiental interior y el cumplimiento de las expectativas sociales, ambientales y económicas de las partes involucradas en las diferentes etapas, todo esto dentro de un modelo presupuestal competitivo.

El gobierno colombiano, mediante el Decreto 1285/15 “Lineamientos de construcción sostenible” la define como “Aquella que está en sincronía con el sitio, hace uso de energía, agua y materiales de un modo eficiente y provee confort y salud a sus usuarios. Todo esto es alcanzado gracias a un proceso de diseño consciente del clima y la ecología del entorno donde se construye la edificación.”

En el contexto del presente estudio y en el marco Aulas Verdes “Alianza por la Sostenibilidad en la Educación en Colombia (*Colombia Coalition for Green Schools*)”, un **colegio sostenible** hace referencia a un entorno saludable que facilita al aprendizaje y también fomenta el ahorro de energía, recursos y dinero para los centros educativos. Las “Aulas Verdes” tienen varios impactos positivos, los cuales pueden alcanzarse mediante la promoción de mejores prácticas en su diseño y construcción, la incorporación de criterios de sostenibilidad en la operación y mantenimiento de las edificaciones educativas existentes, y en la inclusión de la sostenibilidad en los planes de estudio y currículos.

## **2.1 Uso eficiente de recursos**

La eficiencia en los recursos, más allá de pretender un menor uso de los mismos, alude a la producción de la menor cantidad de contaminación posible, así como las especificaciones de su origen. En lo que respecta a la energía, por ejemplo, debe procurarse que provenga de fuentes de producción limpias, el manejo del agua debe incluir tratamientos que disminuyan su contaminación, y el uso de otros materiales debe procurar su posterior reciclaje o reutilización.

La iluminación es uno de los principales puntos a intervenir en pro del ahorro energético en el caso de la infraestructura educativa, pues es el recurso con los mayores consumos reportados. Como se detallará más adelante, la utilización de estrategias adecuadas puede derivar en los resultados deseables de materializar un mejor desempeño y mayor eficiencia. Así, la maximización del uso de luz natural, de bajo costo de implementación al momento de diseñar nuevas soluciones en cualquier inmueble, logra otra serie de beneficios importantes. Entre estos están la reducción en los costos operativos directamente relacionado a la deducción en las cuentas de servicios públicos, y una disminución en el impacto ambiental de la institución gracias a una menor cantidad de emisiones relacionadas con el consumo de recursos.

## **2.2 Calidad ambiental**

La calidad ambiental se refiere a garantizar que las condiciones de cada espacio de la institución sean adecuadas para el desarrollo de las actividades allí programadas, aseguren el confort y ayuden a prevenir problemas de salud en los estudiantes. En esta línea se tienen en cuenta diferentes parámetros, como los niveles de iluminación, la temperatura, la humedad del espacio, los niveles de ruido, la calidad del aire y una adecuada ventilación.

En un colegio hay diferencias en cuanto a las necesidades de temperatura y niveles de ruido permisibles en distintos espacios. Por ejemplo, en cuanto al gimnasio y el aula de clases, es clara la diferenciación en los requerimientos, tanto por el nivel y calidad de su actividad como los niveles necesarios de concentración.

Entre los beneficios derivados de garantizar la calidad ambiental de los diferentes espacios sobresalen los siguientes: generar un incremento en el desempeño académico de los estudiantes, una disminución en el ausentismo y una mayor satisfacción de los profesores. Adicionalmente, se reduce la posibilidad de la proliferación de enfermedades y agentes contaminantes que puedan afectar la salud de los ocupantes.

### **2.3 Otros beneficios**

De manera similar a los beneficios del uso eficiente de recursos y una adecuada calidad ambiental dentro de los colegios, la implementación de prácticas sostenibles también resulta en lo siguiente:

#### Prolongación de la vida útil de la edificación

El diseño con materiales de alta calidad, así como el buen mantenimiento de las instalaciones, llevan a prolongar la vida útil del edificio, lo cual derivará en ahorros en costos de reparación y reposición de edificaciones.

#### Reducción de riesgos

Debido a que las edificaciones sostenibles están diseñadas para garantizar óptimas condiciones ambientales para sus ocupantes, los riesgos para la salud se reducen, así como potenciales demandas por este motivo. Se evita incurrir en gastos legales y se fortalece la credibilidad en la institución al ser reconocida como ejemplo de buenas prácticas.

#### Concientización sobre el cuidado del ambiente

El aprendizaje en un espacio diseñado para ser amigable con el ambiente abre las puertas a convertir a la edificación en una herramienta de enseñanza, pues ayuda a cultivar la sensibilidad con el entorno y la importancia mantener una actitud responsable con el uso de los recursos.

### Reputación del plantel educativo

Los colegios sostenibles tienden a ser motivo de orgullo para los estudiantes. Estudios desarrollados por la Fundación Nacional para la Investigación de la Educación en el Reino Unido demostraron que en los colegios sostenibles hubo un aumento de 34% en la cantidad de estudiantes que se sentían orgullosos de su colegio y un aumento de un 11% en el disfrute de sus espacios.

## 3. DISEÑO

### 3.1 Descripción general

El diseño de un colegio es un proceso que se desarrolla en varias etapas y tiene como fin especificar todos y cada uno de los aspectos necesarios para la construcción y correcta operación del edificio. Este proceso va desde los primeros planteamientos, en relación con los requerimientos del programa, hasta los detalles de acabados para cada uno de sus espacios.

En materia de sostenibilidad, el diseño de un colegio debe estar enfocado en dos objetivos principales: garantizar una calidad óptima del espacio para sus ocupantes y optimizar el consumo de recursos. Se pretende que tanto estudiantes como profesores cuenten con espacios que potencialicen el aprendizaje y el desempeño, y al mismo tiempo se minimiza el impacto ambiental de la edificación y se reduce el costo de operación.

En la etapa de diseño es importante tener en cuenta la viabilidad de la implementación en el proceso de construcción, así como los factores para la operación del colegio.

### 3.2 Objetivos de sostenibilidad

Un colegio sostenible desde un principio debe ser conceptualizado para fomentar el ahorro y correcto manejo de recursos (materiales, energía y agua), garantizar la calidad de sus espacios en términos de salud y confort, promover la seguridad, reducir las afectaciones sobre el espacio, y aminorar al máximo las emisiones de gases de efecto invernadero generados directa o indirectamente en el desarrollo y operación del colegio. Así mismo, es importante trabajar con un proceso de **diseño integrativo**, el cual prevenga sobrecostos y en general, haga más eficiente la evolución de todo el proyecto.

En consecuencia, se pretende un impacto positivo a nivel económico, mediante la reducción de costos iniciales y de operación del colegio, social, gracias a la mejoría de la calidad de vida de la comunidad, y ambiental, con la reducción en el consumo de recursos, emisiones de

gases de efecto invernadero generadas por procesos de combustión necesarios para el aprovechamiento de la energía y la reducción en la producción de desechos y el tratamiento de los mismos, que beneficie a todos los involucrados con el plantel educativo.

### **3.3 Estrategias para el desarrollo de diseños sostenibles**

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo de un diseño sostenible es lograr su funcionamiento en el largo plazo sin agotar los recursos disponibles, generar beneficios a nivel económico, social y ambiental, y mejorar la calidad de los espacios del proyecto para el desarrollo de las actividades inherentes a los colegios.

Existen diferentes estrategias mediante las cuales se pueden lograr estos objetivos. Si bien cada una de estas contribuye a una finalidad puntual, se recomienda la implementación de todas las estrategias pues contribuyen al éxito en el desarrollo de un colegio sostenible.

#### ***3.3.1 Diseño integrativo***

##### Objetivo:

Realizar el proceso de diseño con base en un trabajo multidisciplinar y colaborativo, donde los propietarios, diseñadores, operadores y en general todas las personas involucradas en el desarrollo y operación del proyecto puedan aportar con su conocimiento, experiencia y/o necesidades desde la planeación, en beneficio de la comunidad y la planeación costo eficiente del proyecto.

##### Implementación:

Con el diseño integrativo se fomenta la toma de decisiones priorizando en la visión y experiencia de todos los miembros del equipo, en pro del desarrollo de diseños integrales que incluyan aspectos técnicos, de sostenibilidad, funcionamiento, operación y presupuesto. Con la implementación de esta estrategia se evitan reprocesos, sobrecostos e ineficiencias que aparecen cuando las decisiones no son tomadas en conjunto sino en procesos y/o etapas aisladas.

El proceso de diseño integrativo debe iniciar desde las primeras fases del proyecto, donde se determinan y analizan todas las medidas, donde el costo de las modificaciones es menor y su implementación requiere un menor tiempo. Se recomienda que este proceso incluya un líder para agrupar y direccionar las ideas para una adecuada implementación e involucre a todos los integrantes del equipo con procesos claros de comunicación y coordinación. En lo que respecta al propietario o mandante del proyecto, es recomendable generar un documento lo más detallado posible donde exponga el alcance del diseños, construcción y operación del colegio, con el objetivo de facilitar procesos y la toma de decisiones. Se aconseja también que ese documento contenga los requerimientos generales de la institución, ocupación prevista, objetivos ambientales, eficiencia energética, ahorros en agua, condiciones de calidad ambiental al interior, y las condiciones para la operación y mantenimiento.

La aplicación de esta estrategia es fundamental para el desarrollo de un proyecto sostenible e integral, donde todos los involucrados aportan de manera conjunta y se permitan identificar sinergias que desencadenen en eficiencias.

Para el diseño energético se sugiere llevar a cabo modelaciones energéticas en las cuales se tengan en cuenta las condiciones del lugar (clima, recorrido del sol y condiciones del terreno), la orientación de la edificación, composición de la envolvente, niveles de iluminación requeridos en cada espacio, rangos de temperatura para alcanzar el confort térmico, las cargas de proceso, y los niveles de ventilación requeridos en cada espacio. En caso de no ser posible realizar modelaciones energéticas se recomienda utilizar la herramienta *Cálculo Ahorro Energético Colegios (véase Anexo 1)*, para estimar el consumo energético del colegio, según los diseños planteados en cada etapa.

Para un adecuado diseño hidrosanitario, se sugiere tener en cuenta los siguientes aspectos: sistema de suministro de agua potable, de disposición de aguas residuales, la pertinencia de la implementación de un sistema de recolección de aguas lluvias, las cantidades necesarias de agua para el mantenimiento del paisajismo, y demás demandas de agua que puedan tener otros sistemas presentes en el colegio. Una vez definidos los componentes del sistema se sugiere llevar a cabo un balance hídrico de todas las entradas, salidas y relaciones, lo cual permita revisar y entender las relaciones entre las fuentes de suministro y posibles consumos.

De la misma forma, se recomienda la generación de una documentación en la cual se especifique el cómo se va a llevar a cabo el proceso integrado en el colegio, se presenten las modelaciones energéticas desarrolladas o cálculos de estimación del consumo energético para el desarrollo de los diseños, se presente el balance hídrico desarrollado para el diseño del sistema hidrosanitario o cálculos con la estimación de los consumos de agua, se haga un resumen de las decisiones tomadas a partir del análisis de las proyecciones de consumos de energía y agua, y se documente la participación de los diferentes profesionales involucrados en el proceso de diseño.

Un aspecto fundamental para tener en cuenta durante este proceso, son las necesidades específicas de la comunidad a la que cada colegio va a atender; siendo indispensable incluirla con el fin de identificarlas desde el inicio del proyecto para poder suplirlas en la fase de operación (ej. que el comedor del colegio se pueda utilizar como lugar de reunión para eventos de la comunidad, en horarios extracurriculares).

Beneficios:

- Optimización de recursos.
- Reducción en los costos del proyecto.

Referencias:

- N.A.

### **3.3.2 Selección del lugar**

La definición del lugar va más allá de la selección de un lote con las características adecuadas para el desarrollo del proyecto. El lugar se debe adaptar a los requerimientos ambientales tanto del colegio como de su entorno, debe promover la salud y el bienestar de las personas y debe promover el rendimiento académico de los estudiantes y el desempeño de los profesores y demás personal del colegio.

Conforme a esto, debe existir un análisis minucioso de las diferentes variables del lugar y se debe propender hacia la satisfacción de la mayor cantidad de parámetros posibles. Al hacer una selección cuidadosa del lugar donde se va a construir el colegio se logra:

- Minimizar los efectos negativos que el lugar pueda tener sobre el colegio.
- Disminuir los efectos negativos que el colegio pueda tener sobre su entorno.
- Reducir los costos del desarrollo del proyecto.
- Aminorar la contaminación generada a causa de la operación del colegio.

A continuación, se enumeran las principales variables para tener en cuenta en el momento de seleccionar la ubicación de la institución. Se debe procurar satisfacer la mayor cantidad de estas variables dando prelación a aquellas que sean obligatorias por ley y cerciorándose de cumplir con toda la normativa vigente.

### **3.3.2.1 Evaluación ambiental del lugar**

#### Objetivo:

Prevenir problemas de salud a causa de fuentes contaminantes existentes en el lugar en el que se va a ubicar el colegio.

#### Implementación:

Al momento de seleccionar el lugar en el cual se va a situar el colegio, se debe hacer un análisis de las condiciones ambientales para asegurar que no existan contaminantes que puedan poner en riesgo la salud de los futuros ocupantes. En caso de existir, por ejemplo, rellenos sanitarios, uranio, combustibles fósiles, minerales contaminantes, etc., deben ser mitigados o eliminados previo al inicio del proceso de construcción. Para ello, se recomienda desarrollar ensayos de campo sobre el suelo y agua para descartar su presencia, o solicitar información relacionada con la tradición del predio.

Es importante tener en cuenta como factor de riesgo, no solamente el lugar en sí, sino aquellas edificaciones aledañas que puedan representar un riesgo para la salud al ser fuentes emisoras de contaminantes (en especial aéreos, estaciones de gasolina, etc.), y los objetos próximos al lugar, como líneas de gas, líneas de alta tensión, vías de tren, vías de alto tráfico, aeropuertos, etc.

### Beneficios:

- Prevención de problemas de salud para los ocupantes del colegio a causa de contaminantes presentes en el lugar.

### Referencias:

- ASTM E1527-05 Standard Practice for Environmental Site Assessments: Phase I Environmental Site Assessment Process: [astm.org](http://astm.org)
- ASTM E1903-11 Standard Practice for Environmental Site Assessment: Phase II Environmental Site Assessment Process: [astm.org](http://astm.org)
- 40 CFR Part 312: Standards and Practice for All Appropriate Inquiries; Final Rule: [epa.gov/brownfields/aai](http://epa.gov/brownfields/aai).

### **3.3.2.2 Proximidad a la comunidad**

#### Objetivo:

Facilitar el acceso de la comunidad hacia el colegio, al reducir la distancia y acortar los tiempos de desplazamiento.

#### Implementación:

Se debe identificar la ubicación de la comunidad que utilizará el colegio, con el propósito de situar el proyecto lo más cerca posible a esta, a no más de 800 metros. De esta manera se reducen los tiempos de transporte de los estudiantes hacia el colegio y la utilización de vehículos para la movilización. También se deben identificar los lotes que tengan accesos peatonales seguros (con andenes, puentes, etc.) para la comunidad, los cuales minimizan los riesgos en los desplazamientos de los estudiantes, profesores y el personal en general de la institución.



Beneficios:

- Reducción de las emisiones de CO2 provenientes de vehículos automotores.
- Promoción de la salud de la comunidad mediante el fomento de la actividad física derivada de los desplazamientos peatonales o en bicicleta.
- Reducción de los tiempos de transporte de los estudiantes, profesores y demás personal del colegio.

Referencias:

N.A.

### **3.3.2.3 Proximidad a sistemas de transporte público**

Objetivo:

Facilitar el acceso al sistema de transporte público con el fin de facilitar el acceso a estudiantes, profesores y trabajadores del colegio, quienes no puedan acceder peatonalmente o en algún transporte alternativo como bicicleta.

Implementación:

Es necesario identificar las rutas de transporte público en el área del proyecto y ubicar el ingreso al colegio cerca de éstas, lo cual facilita el traslado de los estudiantes, profesores y demás personal del colegio. Se recomienda ubicar el colegio a una distancia caminable y segura (con andenes, puentes, etc.) de no más de 400 metros entre la entrada del colegio y el (los) paradero(s) de transporte público.

De no existir un sistema de transporte público en la zona, como se describe en la estrategia anterior (2.3.2.3 *Proximidad a la comunidad*) se debe procurar ubicar el colegio en una zona central que facilite el acceso de los estudiantes a este y reduzca al mínimo la distancia que deban caminar.



*Imagen tomada de: <http://gloriososancarlos.edu.pe/transito/transito/paraderobus.png>, agosto de 2017*

Beneficios:

- Facilita el acceso a la educación.
- Reducción de tiempos de desplazamiento en transporte.

Referencias:

N.A.

### **3.3.2.4 Identificación de redes de infraestructura urbana**

Objetivo:

Reducir el impacto ambiental generado por el desarrollo de nueva infraestructura urbana.

Implementación:

La ubicación de las redes energéticas, hidrosanitarias y de comunicación, deben ser identificadas a fin de situar el proyecto dentro de su rango de cobertura, lo cual evita la necesidad de instalar nuevas redes públicas. En caso de no contar con estos servicios en el área, se debe procurar el uso de fuentes alternativas de energía, de recolección de agua y de sistemas de tratamiento de desechos.

### **Ilustración 1. Colegio rural San Jorge - Zipaquirá**



Beneficios:

- Reducción del impacto ambiental y de los costos derivados del proyecto.
- Disminución del tiempo requerido para el proceso de solicitud de servicios y permisos.

Referencias:

N.A.

### **3.3.3 Energía**

Al momento de pensar un colegio se debe garantizar que éste cuente con una adecuada dotación de energía para su óptimo funcionamiento, la cual garantice la operación de sistemas y aparatos dentro del colegio tales como la iluminación artificial, la preparación de alimentos o la operación de electrodomésticos.

Un manejo eficiente y la selección de la fuente de energía permite reducir la cantidad demandada para la operación de la institución y el uso de recursos naturales finitos tales como el petróleo o el gas natural, lo cual la convierte en un factor determinante para la construcción de un colegio sostenible. Al reducir la cantidad de energía utilizada o hacer uso de fuentes más limpias, se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas de su producción, la demanda de recursos naturales utilizados en las plantas generadoras, y en consecuencia los costos operativos del colegio, derivados del pago de servicios públicos.

Un requisito en Colombia, en lo que al consumo de energía se refiere, es el cumplimiento de la legislación vigente establecida en la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, en la cual, se establece como obligatorio cumplimiento que las edificaciones nuevas garanticen un mínimo de ahorro en energía a partir de una línea base de consumo establecida. Dicho consumo y su ahorro se establece de manera diferenciada para los diferentes pisos térmicos que la Resolución establece para Colombia: frío, templado, cálido húmedo y cálido seco.

Para las instituciones educativas, la Resolución establece que dicha obligatoriedad aplica para colegios con más de 1.500 estudiantes. Para efectos de esta Guía se mantendrá la misma línea base y porcentajes de ahorro por clima de acuerdo con la Resolución, según las siguientes tablas:

**Tabla 1. Líneas base de consumo de energía para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de más de 1.500 alumnos (IFC, 2015)**

Línea base de consumo (kWh/m2 por año) para edificios educativos según clima.			
Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
40	44	72	29.8

**Tabla 2. Porcentajes de ahorro de energía mínimos para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de más de 1.500 alumnos (IFC, 2015)**

Porcentaje de ahorro mínimo (%) de energía con respecto a la línea base según el clima.			
Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
45	40	40	35

Para demostrar los ahorros energéticos sugeridos para colegios de hasta 1.500 alumnos, se utilizará la línea base y porcentajes de ahorro por clima, de acuerdo con las siguientes tablas:

**Tabla 3. Líneas base de consumo de energía para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de hasta 1.500 alumnos**

Línea base de consumo (kWh/m2 por año) para edificios educativos según clima.
---

Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
40	44	72	72

**Tabla 4. Porcentajes de ahorro de energía mínimos para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de hasta 1.500 alumnos**

Porcentaje de ahorro mínimo (%) de energía con respecto a la línea base según el clima.			
Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
50	45	45	45

Existen varias estrategias que permiten la reducción del consumo de energía del colegio, las cuales pueden ser implementadas de manera independiente, sin ser obligatoria ejecución ninguna en particular.

Los ahorros derivados pueden ser demostrados a través de una modelación energética o con la hoja de cálculo: *Cálculo Ahorro Energético Colegios (Ver anexo 1)* que confirme que el ahorro energético es igual o mayor al porcentaje de ahorro mínimo según el número de estudiantes del colegio (>1.500 o hasta 1.500) y el piso térmico donde se encuentra situado.

Sin disociar el tipo de clima, de acuerdo a las simulaciones energéticas realizadas para esta Guía (SES, 2017) para cada piso térmico, en todos los colegios del país el uso final de energía eléctrica dominante es iluminación, dependiendo de los horarios de uso de los demás sistemas, la iluminación representa entre el 86% y el 46% (como mínimo) del consumo total de energía eléctrica en los colegios; en segundo lugar, se encuentran los ventiladores en climas cálidos y las cargas de proceso generadas por el uso de computadores (salas de cómputo y administrativos) teniendo un porcentaje entre el 30% y 40% del consumo total de los colegios; la cocción de alimentos podría oscilar, una vez instalada entre el 10% y 15% del consumo total de energía. De acuerdo con estos consumos se hace evidente que desde el punto de vista económico y el impacto de las medidas de ahorro energético, la iluminación es el aspecto principal hacia donde se deben destinar mayores esfuerzos y recursos en las soluciones eficientes que se planteen.

Para climas cálidos, por ejemplo, tanto seco como húmedo, la implementación de la instalación de computadores, equipos de cocina y ventiladores eficientes, se estima generarán ahorros entre el 40% y 55% del total de energía consumida en los colegios, comparado a al consumo energético de un colegio construido antes de 2017.

Siendo así, las estrategias para el ahorro de energía presentadas en esta Guía pueden ser agrupadas en estrategias pasivas y activas, siguiendo la clasificación utilizada por la Resolución 549 de 2015. Sin embargo, para el caso específico de los colegios se recomienda priorizar la implementación de las siguientes estrategias para el ahorro energético debido a su alto impacto en el consumo total y los potenciales ahorros en su implementación:

### **3.3.3.1 Estrategias pasivas para el ahorro de energía en colegios**

Las medidas pasivas para el ahorro de energía son aquellas que se incorporan dentro del diseño arquitectónico de las edificaciones y propenden por el aprovechamiento de las condiciones ambientales del entorno, maximizando las fuentes de control térmico, ventilación y reducción energética natural para crear condiciones de confort para sus ocupantes. Dichas medidas no involucran sistemas mecánicos o eléctricos (IFC, 2015).

#### **3.3.3.1.1 Diseño optimizado iluminación natural**

##### Objetivo:

Reducir el consumo de energía mediante la utilización de luz natural para la iluminación de los espacios interiores del colegio, y mejorar la calidad del ambiente interior mediante el contacto de los ocupantes con la luz natural.

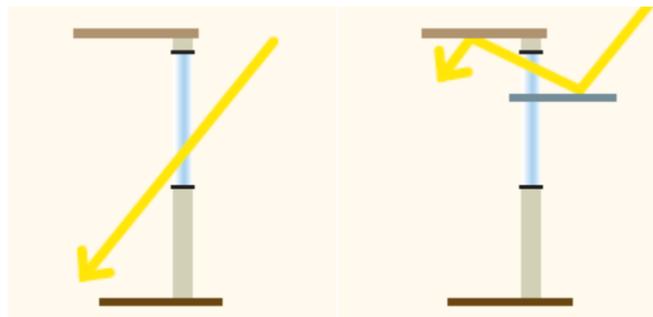
##### Implementación:

Una de las estrategias más económicas para reducir el consumo de energía es la optimización del uso de la luz natural para la iluminación de espacios interiores. Si bien no se puede depender al 100%, en muchas ocasiones si permite reducir la demanda de iluminación artificial en un 50% o más, dependiendo de las características del diseño y emplazamiento de los espacios.

Como lo indica la NTC 4595, se debe buscar satisfacer las condiciones de iluminación de los diferentes espacios por medio de la luz natural, minimizando el uso de fuentes de iluminación artificial. Para ello, es mandatorio aplicar las especificaciones de la norma en relación con las aberturas que dan acceso a la luz natural hacia espacios interiores y aquellas para espacios exteriores desde los cuales proviene.

Se recomienda la utilización de iluminación cenital indirecta, ventanales por encima del plano de trabajo, con el fin de minimizar las pérdidas/ganancias de calor en climas fríos o calientes respectivamente, así como el uso de repisas de luz. Se debe tener en cuenta que la altura del plano de trabajo varía dependiendo del uso de cada espacio (ejemplo: aulas de preescolar, aulas de primaria, laboratorios, biblioteca, cocina, etc.).

**Ilustración 2. Repisa de luz (derecha), aumenta la profundidad de la penetración de la luz hacia el espacio interior**



*Imagen tomada de: <http://www.buildings.com/article-details/articleid/3648/title/building-the-case-for-light-shelves>. Agosto de 2017.*

Sin embargo, debe impedirse el acceso de luz solar directa a los espacios en horas de operación, ya que causará incomodidad por aumento de temperatura y por deslumbramiento (pérdida momentánea de la visión producida por el exceso de luz).

**Beneficios:**

- Reducción del consumo energético.
- Reducción en los costos operativos.
- Aumento del confort para los ocupantes.

**Referencias:**

- Resolución 549 de 2015.

- NTC 4595 Capítulo 8.2 “Comodidad visual”.

### **3.3.3.1.2 Acabados de alta reflectividad al interior**

#### Objetivo:

Reducir el consumo de energía del colegio especificando materiales claros de alta reflectividad, para ayudar a reducir la potencia instalada en iluminación artificial y reducir el tiempo de operación de la iluminación artificial.

#### Implementación:

Especificar acabados claros de alta reflectividad para muros, cielo rasos y pisos, con el fin de permitir que la iluminación artificial tenga una menor potencia instalada y por lo tanto un menor consumo energético. De la misma manera, permite que el tiempo efectivo de iluminación natural se prolongue y se reduzca el tiempo del uso de iluminación artificial. Un ejemplo de esta estrategia es utilizar pinturas vinílicas claras (ej. blanca) en acabados de muros y cielo rasos.

#### Beneficios:

- Reducir la potencia de iluminación artificial instalada en el diseño.
- Reducir el tiempo de utilización de las luminarias al permitir operar en condiciones de iluminación natural por más tiempo.

#### Referencias:

- N/A

### **3.3.3.1.3 Ventilación natural**

#### Objetivo:

Reducir el consumo energético del colegio mediante el uso de ventilación natural para renovar el aire y regular la temperatura al interior del colegio.

### Implementación:

Si bien en Colombia debido a su terreno montañoso, los de vientos son generados más por accidentes geográficos locales que por patrones de mayor escala, si se puede tener una idea general de las condiciones a partir de las rosas de los vientos de los principales aeropuertos del país.

Como lo recomienda la Guía Colegio 10 se debe potenciar la ventilación natural, la cual puede servir para varios propósitos en los edificios: proveer aire fresco para mantener la calidad del aire y proveer aire para reducir la temperatura interior del edificio. Esta estrategia es conocida como ventilación pasiva debido a que no requiere de energía para la circulación del aire.

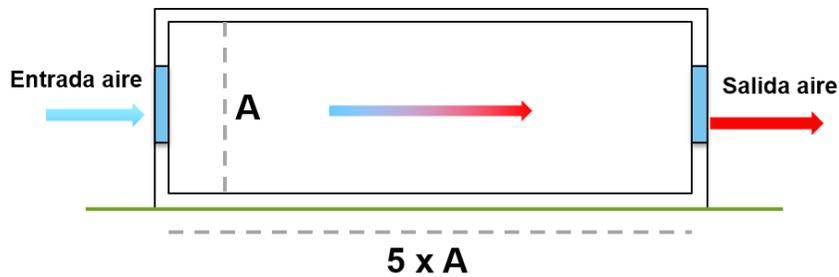
La complejidad de un sistema de ventilación natural puede variar desde la utilización de ventanas operadas manualmente hasta edificios automatizados, sistemas mixtos o sistemas que inducen la circulación del aire mediante técnicas como termosifones. En definitiva, para que un sistema de ventilación natural sea efectivo debe proveer al menos diez cambios hora de aire, es decir, que el sistema de ventilación debe renovar en una hora diez veces el volumen de aire al interior del espacio.

Para la implementación de la ventilación natural en los colegios, en cualquier caso, se deben seguir los lineamientos establecidos por la NTC 4595 en los capítulos 8.3 “comodidad – comodidad térmica” y 8.5 “comodidad – calidad del aire” al momento de diseñar el sistema de ventilación del colegio. También se deben seguir los lineamientos establecidos en la guía Colegio 10 con relación al diseño de sistemas de ventilación natural para los diferentes climas. *(Ver sección: 3.3.6.7. Diseño para el confort térmico)*

### Ventilación natural: cruzada

Los sistemas de ventilación cruzada, los más utilizados en Colombia, se caracterizan por tener el ingreso y la salida de aire por lados opuestos de un mismo espacio. Este tipo de ventilación permite ventilar espacios de mayor profundidad que los sistemas de ventilación unilateral, llegando hasta una profundidad de 5 veces la altura del espacio a ventilar.

### **Ilustración 3. Ventilación cruzada**



Al disponer de una rosa de los vientos y conocer la(s) dirección(es) y velocidad(es) predominante(s), se debe proceder a orientar el local y las rejillas de ingreso y salida del aire, de tal forma que se maximice su flujo.

La efectividad depende de la presencia de vientos y su uniformidad, por lo cual no se recomienda utilizarla como única alternativa, ya que en caso de calma la efectividad de las aperturas para proveer el caudal de aire requerido se ve reducida sustancialmente.

Para lugares con velocidades del viento moderadas (1 m/s) y un salón típico de 66m<sup>2</sup>, pueden considerarse aberturas en fachadas opuestas y enfrentadas al viento con áreas efectivas de 0.6 m<sup>2</sup> por fachada aproximadamente, para una velocidad del viento promedio a 1 m/s.

#### Ventilación natural: Efecto chimenea

Este sistema, también muy utilizada en Colombia, depende de tres factores:

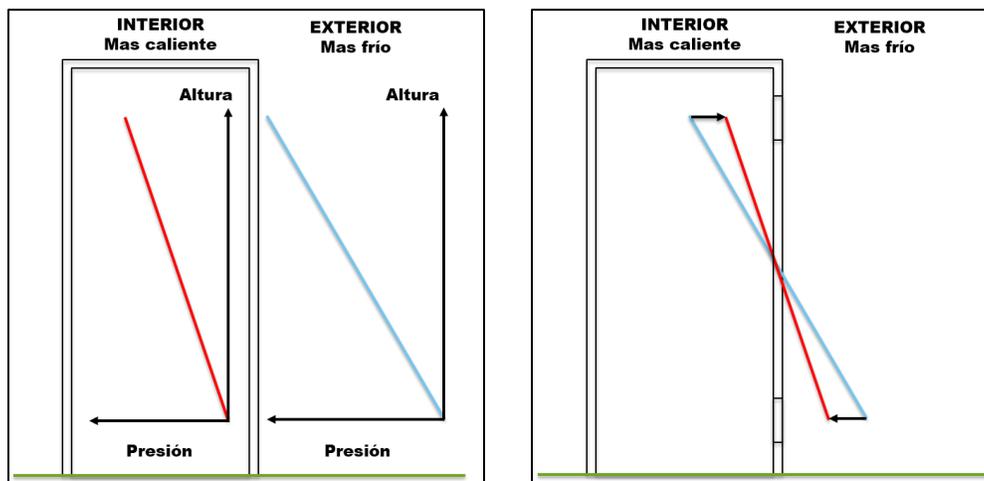
- El tamaño de las aberturas tanto de ingreso como de salida: existe una relación entre el tamaño de las aberturas de ingreso y salida del aire contra el flujo de aire a través interior del edificio, el aumento o disminución de su tamaño es proporcional al flujo de aire.
- La diferencia de temperatura entre el interior y el exterior: existe una relación entre el delta de temperaturas entre el interior y el exterior del edificio contra el flujo de aire a través del edificio, entre mayor sea este, mayor flujo de aire va a generarse.
- La diferencia de alturas entre las aberturas de ingreso y de salida: existe una relación entre la distancia vertical entre las aberturas de ingreso y de salida de aire del edificio, entre mayor sea esta, mayor flujo de aire va a existir a través del edificio.

Adicional es ideal tener un área equivalente entre las aberturas de ingreso y de salida de aire para que una posible diferencia entre estas no genere un cambio en la altura del punto de

presión neutral y resulte un potencial cambio en los flujos de aire y en el desempeño del sistema.

En caso de que la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior sea muy baja, se debe compensar aumentando las áreas de las aberturas y/o la diferencia de alturas entre las aberturas de ingreso y de salida del aire.

**Ilustración 4. Efecto chimenea**

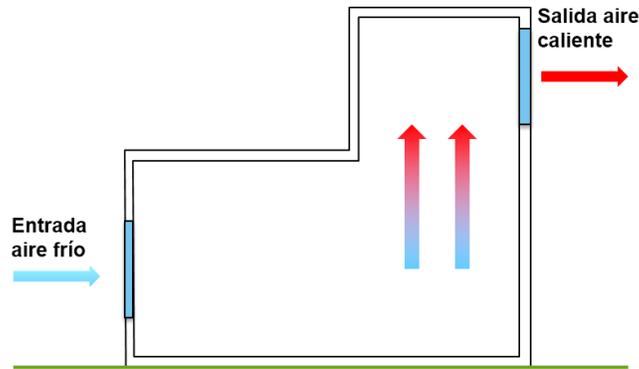


#### Ventilación natural: mixta

Como su nombre lo indica, consiste en la utilización de las estrategias de ventilación cruzada y efecto chimenea conjuntamente, lo cual la hace una estrategia ideal puesto que permite maximizar la ventilación en condiciones de viento o calma utilizando las mismas aberturas.

Su diseño presenta las mismas dificultades que la ventilación por efecto chimenea o flotación: la ubicación de las rejillas de ingreso, las cuales deben ser ubicadas tan abajo como sea posible, pero previniendo el ingreso de agua, polvo y animales a los espacios.

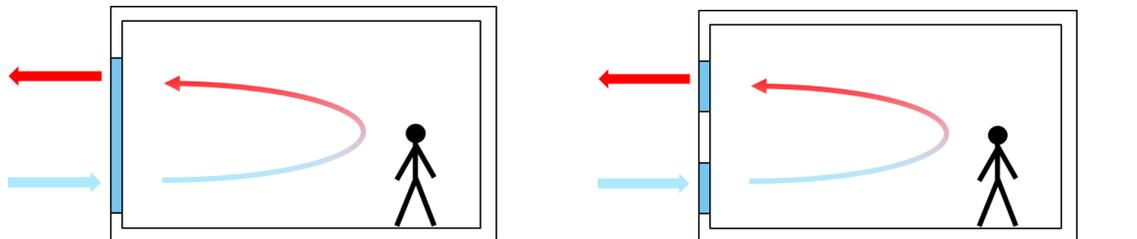
**Ilustración 5. Ventilación mixta**



### Ventilación natural: unilateral

Los sistemas de ventilación unilateral se caracterizan, como su nombre lo indica, por tener la entrada y salida del aire por una misma cara del edificio. Estos sistemas pueden ser de dos tipos: (i) de una sola abertura por la cual el aire entra y sale, la cual permite ventilar espacios de una profundidad de hasta el doble de la altura del espacio a ventilar, y (ii) de doble abertura, en la cual una abertura está destinada para el ingreso del aire y la otra para su salida, ventilando espacios con una profundidad de hasta 2,5 veces la altura.

**Ilustración 6. Ventilación unilateral de una y dos aberturas**



### Beneficios:

- Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>.
- Reducción del consumo de energía en el edificio.
- Reducción de los costos operativos del edificio.

### Referencias:

- Resolución 549 de 2015.
- NTC 4595, capítulos 8.3 “Comodidad térmica” y 8.5 “Calidad del aire”.
- Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única.

### **3.3.3.2 Estrategias activas para el ahorro de energía en colegios**

Las medidas activas para el ahorro de energía son aquellas que requieren del uso de sistemas mecánicos y/o eléctricos para crear condiciones de confort al interior de las edificaciones, tales como calderas y aire acondicionado, ventilación mecánica, iluminación eléctrica, entre otras (IFC, 2015). Entre los sistemas activos recomendados para ser aplicados están los siguientes:

#### **3.3.3.2.1 Iluminación eficiente**

##### Objetivo:

Reducir el consumo de energía del colegio mediante el uso de luminarias eficientes.

##### Implementación:

Se recomienda la utilización de luminarias con un bajo consumo de energía en kWh en relación con la cantidad de luxes producidos (lux/kWh), para proveer las condiciones de iluminación requeridas por cada espacio. Se recomienda la utilización de luminarias de tipo LED, las cuales además de tener el menor consumo de energía por cantidad de luz emitida (lux/kWh) tienen la vida útil más larga (CIBSE, 2015) (se debe estudiar su implementación en cada caso y se recomienda donde sea posible realizar el mantenimiento preventivo y correctivo), aun cuando la normativa vigente contenida en la NTC 4595, especifica que como mínimo se deben utilizar luminarias de tipo LED o fluorescentes tipo T5 o T8.

### Ilustración 7. Bombillo fluorescente



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/sparlampe-saving-light-saving-bulb-1340223/> agosto de 2017.

### Ilustración 8. Lámpara fluorescente tubular



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/neon-tube-neon-light-blue-light-269365/> agosto de 2017

### Ilustración 9. Bombillo LED



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/light-lighting-lights-lamp-959551/>. Agosto de 2017

En cualquier caso, se debe garantizar que el índice de reproducción del color “IRC” no sea inferior al 80% y que la temperatura del color este entre 4000K y 6500K, lo cual se verifica con las fichas técnicas de cada luminaria.

Adicionalmente, se recomienda utilizar los materiales y acabados reales con los que va a contar cada espacio para calcular la cantidad de luminarias requeridas para garantizar una iluminación adecuada.

En cualquier caso, se debe cumplir con las exigencias establecidas por RETILAP con relación a la iluminación por cada tipo de espacio según la actividad que se desarrolle en el mismo.

**Tabla 5. Parámetros fotométricos RETILAP**

Área	Ex (lx)	Uo (%)	UGR	VEEI**	Ev (lx)	Uov (%)
Aula tipo	500	50	19	4		
Tablero aula y/o laboratorio					500	50
Laboratorio	500	50	19	4		
Baños	150	50	25	4.5		
Circulaciones	100	50	28	4.5		
Oficinas	500	50	19	3.5		
Talleres*	500	50	22	4.5		
Biblioteca	500	50	19	6		
Cocina	300	50	25	5		
Aula múltiple	500	50	19	4		
* Talleres de ensamble, trabajo intermedio.						
** W/m <sup>2</sup> /100lx						

Beneficios:

- Reducción en el consumo energético.
- Reducción en gastos de mantenimiento.

Referencias:

- Resolución 549 de 2015.
- NTC 4597 Capítulo 7.3 “Instalaciones técnicas – Iluminación artificial”.

**3.3.3.2 Control de iluminación**

Objetivo:

Reducir el consumo de energía del colegio mediante la implementación de sistemas de control que prevengan el desperdicio de energía.

### Implementación:

Se recomienda principalmente la implementación de controles de luz día (con optimización de luz natural) para controlar la activación y desactivación de las luminarias, principalmente para salones, laboratorios, bibliotecas y otros espacios del colegio que cuenten con iluminación natural. A continuación, se detallan las distintas opciones:

#### Atenuación de la iluminación por controles de luz día

Una vez se dispone de espacios con buena disponibilidad de iluminación natural, ésta se puede aprovechar por medio de un sistema de control de luz día con atenuación. Por medio de sensores al interior del espacio se controla la potencia de las luminarias y se regula para que se mantenga en todo el espacio el nivel de luminancia requerido.

Con un diseño eficiente la disponibilidad de luz día para espacios como salones, puede superar el 50% de los requerimientos de iluminación y por lo tanto proveer ahorros en la misma proporción. En este caso los cálculos de Iluminancia disponible se recomiendan hacerse para el parámetro CDA (*Continuous Daylight Autonomy*), los cuales representan no solamente el porcentaje de tiempo en el que la iluminación natural proporciona el total de la requerida, sino también tiene en cuenta la fracción disponible en caso de no lograrse. Existen varias alternativas para el cálculo de los diferentes índices de disponibilidad de luz día como DA, CDA, Openstudio /Radiance/ e+ (Plataforma abierta).

#### Control de iluminación por circuitos de iluminación independiente

Esencialmente esta estrategia busca aprovechar las condiciones de iluminación natural de la misma forma que la atenuación por controles de luz día presentada anteriormente, sin embargo, su nivel de complejidad es menor, lo cual redundaría en un menor costo de implementación, pero de igual forma menor nivel de ahorro.

Consiste en instalar circuitos independientes, paralelos a la superficie de ingreso de luz exterior, cada uno de estos controlado por un sensor de iluminación, el cual en caso de no cumplirse el mínimo requerido encienden las luminarias correspondientes en un 100%. Para evaluación de este criterio se recomienda utilizar como índice la Autonomía de Luz Día (*Daylight autonomy DA*, por sus siglas en inglés).

### Sensores de movimiento

Otra de las estrategias es la implementación de sensores que al detectar movimiento dentro del espacio activan las luminarias. Este sistema es efectivo para espacios de circulación o de corta permanencia tal como baños, donde constantemente se encienden y apagan luces. La NTC 4595 especifica que estos sistemas deben ser instalados en las áreas de servicios sanitarios.

#### **Ilustración 10. Sensor de movimiento**



*Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/black-electrical-electronics-88039/>, agosto de 2017*

### Sistemas de encendido con horarios programados

Finalmente, se resalta la implementación de un sistema automatizado, el cual activa y desactiva las luminarias de un determinado espacio según un horario preestablecido. Este sistema es efectivo para iluminación exterior que se puede dividir por zonas y horarios preestablecidos.

Para cualquier escenario en el que se implemente alguno de estos sistemas se debe permitir a los usuarios la activación y desactivación manual de las luminarias en caso de ser necesario.

#### Beneficios:

- Reducción en el consumo de energía.

#### Referencias:

- Resolución 549 de 2015.
- NTC 4595 Capítulo 7.3 “Instalaciones técnicas – iluminación artificial”.
- Continuous Daylight Autonomy CDA - Daylight Pattern Guide

### 3.3.3.2.3 Ventiladores de alta eficiencia

Objetivo:

Reducir el consumo de energía en el uso de ventiladores de techo en los espacios que sean utilizados.

Implementación:

En las zonas donde se utilizan ventiladores, su consumo es del orden del 30% de energía (segundo más alto después de iluminación artificial) sobre el total del consumo de los colegios. Se recomienda la utilización de ventiladores de techo que cumplan con los requisitos *Energy Star Program* o que cumplan con las siguientes eficiencias:

**Tabla 6. Requerimientos de eficiencia según el caudal para ventiladores de techo**

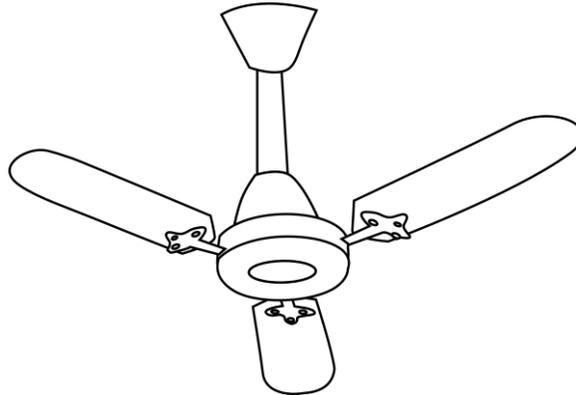
Velocidad del ventilador	Caudal mínimo	Eficiencia mínima requerida
Baja	1.250 CFM	155 CFM/watt
Media	3.000 CFM	100 CFM/watt
Alta	5.000 CFM	75 CFM/watt

#### Ilustración 11. Sello Energy Star



Imagen tomada de: [https://www.energystar.gov/index.cfm?c=home\\_sealing.hm\\_improvement\\_seal\\_insulate](https://www.energystar.gov/index.cfm?c=home_sealing.hm_improvement_seal_insulate). Agosto de 2017

### **Ilustración 12. Ventilador de techo**



Estos ventiladores pueden generar ahorros del orden de 30%. Es muy importante que además de la eficiencia energética, se incluya dentro de los parámetros de selección de los ventiladores de techo con un bajo nivel de ruido, el cual garantice el normal funcionamiento de las aulas y demás espacios del colegio en los que estos sean instalados, sin generar problemas por contaminación auditiva.

#### Beneficios:

- Reducción en el consumo energético.
- Menores niveles de ruido en los espacios en que se utilicen ventiladores.

#### Referencias:

- Energy Star Program - Ceiling Fan Specification Final Version 3.1

#### **3.3.3.2.4      *Uso de electrodomésticos eficientes***

#### Objetivo:

Reducir el consumo de energía dentro del colegio mediante el uso de electrodomésticos eficientes.

#### Implementación:

Al igual que con los aparatos de iluminación y de ventilación, se debe procurar que todos los aparatos instalados en el colegio que requieran el uso de energía hagan un uso eficiente de

ésta. Para ello se puede recurrir a sistemas de certificación de consumo de energía, los cuales suelen indicar la relación de cada aparato en kWh/mes y el porcentaje de ahorro energético sobre una línea base establecida para cada tipo de electrodoméstico.

Los electrodomésticos comercializados en Colombia ya cuentan con una etiqueta energética (ver Ilustración 13) en la cual se clasifican por categorías entre A y G siendo A la categoría más eficiente en términos de consumo energético y G la menos eficiente. Para los colegios se recomienda usar electrodomésticos A, B o C, y tener especial cuidado en la selección y eficiencia de las estufas a gas, por la alta demanda energética.

**Ilustración 13. Ejemplo de cuadro de consumo de energía para un electrodoméstico**



Beneficios:

- Reducción de emisiones de CO2.
- Reducción del consumo de energía.
- Reducción de los costos operativos del edificio.

Referencias:

- Resolución 549 de 2015.
- Etiquetado Energético Colombia

### **3.3.3.3 Otras estrategias pasivas para el ahorro de energía en colegios**

#### **3.3.3.3.1 Diseño de la envolvente**

##### Objetivo:

Reducir el consumo de energía del colegio mediante el diseño de una envolvente que reduzca la necesidad de sistemas de refrigeración o calefacción dentro del colegio.

##### Implementación:

Todos los edificios están continuamente expuestos a variaciones en el clima y por lo tanto al constante problema de mantener una temperatura adecuada al interior. Este inconveniente es constantemente resuelto mediante el uso de sistemas de ventilación y/o acondicionamiento del aire, lo cual suele requerir del uso de energía para garantizar un rango de temperaturas adecuado en la edificación.

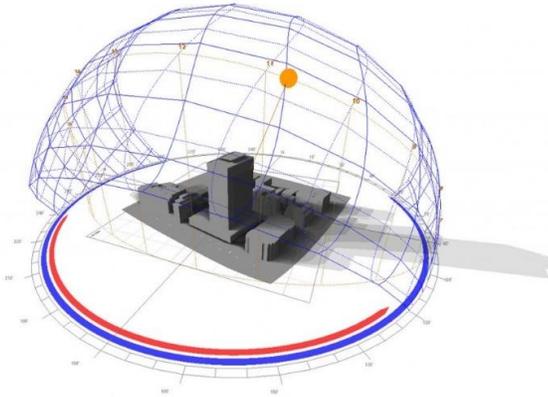
Con el objetivo de reducir la demanda de energía utilizada para este fin, se recomienda el uso de una envolvente eficiente, la cual logre reducir el impacto del clima exterior sobre las condiciones ambientales al interior del edificio mediante el control de la transferencia de calor y/o la incidencia de radiación hacia y desde el edificio. Lo anterior se logra mediante la cuidadosa selección de los materiales de las diferentes capas que componen la envolvente del edificio, la prevención de puentes térmicos (zona puntual o lineal en donde se interrumpe la superficie aislante de la envolvente y donde los cambios de temperatura se transmiten más fácilmente), y el adecuado diseño de ventanas.

En la medida que la envolvente de cada colegio está atado a las condiciones del entorno en el cual este va a ser construido, el primer paso al momento de diseñarla es analizar las condiciones climáticas del lugar, lo cual incluye lo siguiente:

- Temperaturas a lo largo del año: variaciones en la temperatura promedio del lugar, y su diferencia con la deseada al interior del colegio.
- Niveles de humedad a lo largo del año: variaciones en la humedad relativa del lugar y su diferencia con relativa deseada al interior del colegio.

- Recorrido solar a lo largo del año: recorrido del sol sobre el edificio y la incidencia de este sobre las ganancias de calor de la edificación.

#### **Ilustración 14. Ejemplo de análisis del recorrido solar**



*Imagen tomada de: <http://glazingshopee.com/sun-path-analysis/>. Agosto de 2017*

- Radiación solar a lo largo del año: niveles de radiación a los que se expone la envolvente del colegio los cuales pueden variar entre un lugar y otro independientemente del recorrido solar.
- Sombras generadas por edificaciones o vegetación adyacente: existencia de edificios, estructuras o componentes de la vegetación del lugar que no puedan ser removidos y que generen una sombra sobre el colegio que afecte sus ganancias de calor a raíz de la radiación solar.

Una vez establecido el efecto del lugar sobre las ganancias de calor de la edificación se recomienda proceder al diseño de la envolvente especificando lo siguiente:

- Composición de las diferentes capas de la envolvente: se debe especificar el material de cada una de las capas de la envolvente, así como su espesor, lo cual modifica la velocidad con la que el calor pasa a través de la envolvente, resultando en ganancias o pérdidas de calor más o menos rápidas desde el interior del colegio.
- Prevención de puentes térmicos: el diseño de la envolvente debe prevenir la existencia de puntos en los cuales se pierda la continuidad del aislamiento térmico. Lo anterior permite prevenir la existencia de puntos por los cuales haya

una pérdida de calor superior a la deseada a lo largo de la superficie de la envolvente y previene problemas de condensación y generación de moho.

**Ilustración 15. Ejemplo de puente térmico. Gráfico de temperatura (izquierda), flujo de calor (centro) y detalle constructivo (derecha)**

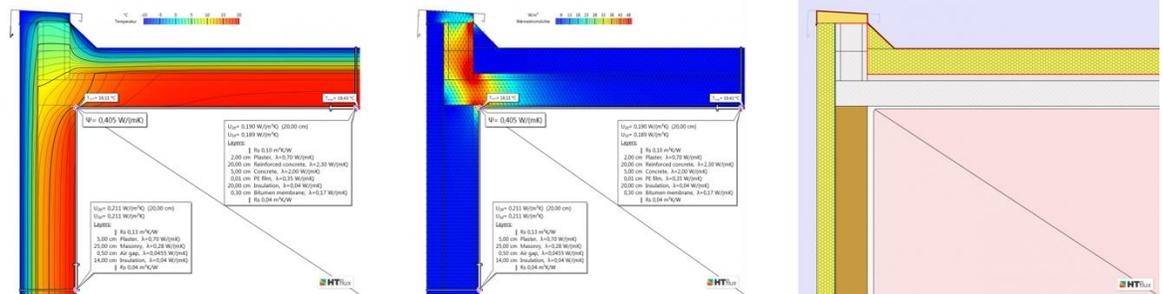


Imagen tomada de: <https://www.htflux.com/en/thermal-bridge-simulation/>. Agosto de 2017

- Especificación de la ventanería: las ventanas son esenciales para permitir el ingreso de luz natural a los diferentes espacios de la edificación y pueden servir como medios de ventilación. Sin embargo, estas también son el componente de la envolvente que más contribuye a la pérdida o ganancia de calor del edificio debido a su alta capacidad de conducir el calor. Por ello, se debe controlar la cantidad de superficie de ventanería de cada espacio para permitir el ingreso de suficiente luz natural, sin generar pérdidas o ganancias excesivas de calor. Se sugiere contemplar la utilización de sistemas de ventanería de varias capas, los cuales reducen el coeficiente de transmitancia de estas.

Al finalizar el proceso de diseño, se debe procurar lograr una temperatura al interior del colegio lo más cercana posible a los niveles óptimos de confort sin la necesidad de sistemas de ventilación activos.

Se sugiere desarrollar este proceso mediante el uso de herramientas de simulación energética, preferiblemente llevadas a cabo por profesionales especializados en su manejo. En caso de no ser posible el desarrollo de una simulación energética, se recomienda utilizar la hoja de cálculo de ahorro energético para colegios, anexa a esta Guía.

Se deben seguir los lineamientos establecidos por la NTC 4595 en el capítulo 8.3 “comodidad – comodidad térmica”, y aquellos presentados en la guía Colegio 10 en relación con el diseño de aislamientos térmicos según el clima.

Beneficios:

- Mejoramiento de las condiciones de confort al interior del colegio.
- Reducción en el consumo de energía.
- Reducción en el costo operativo.
- Reducción en los costos de diseño y construcción generados por el dimensionamiento, compra e instalación del sistema de control de temperatura.

Referencias:

- Resolución 549 de 2015.
- NTC 4595, capítulo 8.3 “comodidad – comodidad térmica”.
- Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única.
- CIBSE Guide A. Environmental Design. The Chartered Institution of Building Services Engineers. [www.cibse.org](http://www.cibse.org)

### **3.3.3.4 Otras estrategias activas para el ahorro de energía en colegios**

#### **3.3.3.4.1 Ventilación mecánica y aire acondicionado**

Objetivo:

Minimizar el consumo de energía de los sistemas de ventilación mecánica y aire acondicionado cuando estos sean necesarios y la ventilación natural no sea suficiente para cumplir niveles de ventilación y/o confort.

Implementación:

Para los requerimientos de ventilación y confort térmico de los colegios deben primar las estrategias pasivas y de ventilación natural, en los colegios que por algún requerimiento específico sea necesario implementar aire acondicionado y/o ventilación mecánica se debe

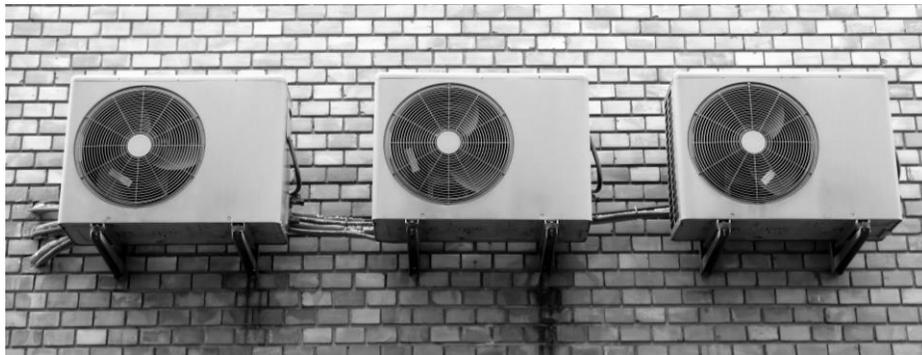
reducir el consumo energético del edificio utilizando sistemas eficientes que garanticen condiciones óptimas para el confort de los ocupantes al interior del colegio. Es indispensable que de ser necesaria la implementación de sistemas mecánicos de aire acondicionado, se revise el planteamiento para la envolvente (materiales de fachada, cubierta y ventanas) del colegio.

### **Ilustración 16. Ejemplo de extractor de aire**



*Imagen tomada de: <http://sisproservice.es/extractores-de-aire-industriales-en-alcala-de-henares/>. Agosto de 2017*

### **Ilustración 17. Ejemplo de unidades de aire acondicionado**



*Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/wall-fan-air-conditioning-box-1801952/> agosto de 2017*

Cuando esta opción sea seleccionada, se recomienda hacer de forma tal que el diseño sea lo más eficiente posible y cumpla con las siguientes recomendaciones:

### Aislamiento térmico de los espacios

Se debe contar con un aislamiento térmico adecuado de los espacios que vayan a contar con un sistema de aire acondicionado, con lo cual se reducen las ganancias de calor desde el exterior y se reduce la carga sobre el sistema.

### Coeficiente de desempeño (COP) para equipos de aire acondicionado

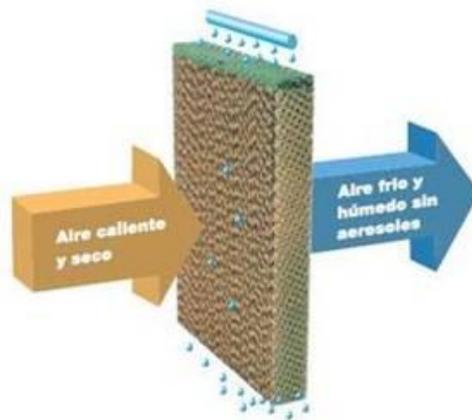
Es definido por ASHRAE como la relación entre la tasa de remoción de calor a la tasa de entrada de energía, en unidades constantes, para un sistema de aire acondicionado. Se recomiendan sistemas con eficiencias nominales a carga plena iguales o superiores a 3.5 COP para equipos hasta de 5 toneladas de refrigeración.

### Diseño detallado del sistema de ventilación mecánica y aire acondicionado

Se debe dimensionar cada parte del sistema para que cumpla con los requerimientos específicos de cada espacio, con lo cual se evita el desperdicio de energía causados por el uso de aparatos sobredimensionados.

En los casos en los cuales la humedad relativa del ambiente sea baja (climas secos), se recomienda la implementación de un sistema de enfriamiento evaporativo para suplir necesidades de ventilación y confort térmico, y evitar la instalación del sistema de aire acondicionado.

### **Ilustración 18. Ejemplo de esquema de enfriamiento evaporativo**



*Imagen tomada de: <http://ggcolombia.com/tag/enfriamiento-evaporativo-medellin/>. Agosto de 2017.*

Beneficios:

- Reducción en el consumo de energía del colegio.
- Reducción en los costos operativos del colegio.

Referencias:

- Resolución 549 de 2015.

### **3.3.3.5 Energías renovables**

Adicionalmente a las medidas para el ahorro de energía, se deben tener en cuenta el uso de fuentes de energía renovables como estrategia para la reducción del impacto ambiental del edificio. Si bien esta estrategia no reduce el consumo energético del edificio, si trae consigo otros beneficios tanto para el colegio como para el medio ambiente, al reducir las emisiones de gases de efecto invernadero derivadas del proceso de producción y transporte de la energía que va a ser utilizada en el colegio.

Para reducir este impacto se recomienda implementar la siguiente estrategia:

#### **3.3.3.5.1 Uso de energías renovables**

Objetivo:

Proveer al colegio de energía proveniente de fuentes renovables que reduzcan el impacto ambiental y garanticen una producción de energía sostenible.

Implementación:

Para implementar energías renovables en los colegios se recomienda implementar sistemas y estrategias que reduzcan el consumo energético total del colegio, y logren fuentes de energía alternativas que suplan la mayor cantidad de sistemas dentro del colegio. Se recomienda que alrededor de 30% de la energía total demandada por el colegio provenga de

fuentes alternativas renovables (implementando las estrategias de ahorro energético por cada clima recomendadas en esta guía).

### **Ilustración 19. Ejemplo de paneles fotovoltaicos**



*Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/solar-panels-placement-green-energy-944002/>. Agosto de 2017*

Adicionalmente, se debe procurar la generación de energía en el lugar, con el fin de reducir los gastos derivados del transporte de la energía desde su fuente de generación hasta el lugar de operación del colegio. También se recomienda utilizar sistemas de inyección directa de energía sobre el sistema de almacenamiento (considerar en casos específicos como por ejemplo cuando el colegio opere en horario nocturno), debido a su menor costo de implementación y mantenimiento, lo anterior teniendo en cuenta que la mayor demanda de energía del colegio es durante el día.

### **Ilustración 20. Ejemplo de turbina eólica**



*Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/wind-turbine-nargund-hill-285970/>. Agosto de 2017*

### Beneficios:

- Reducción del impacto ambiental a causa de emisiones de gases de efecto invernadero.
- Preservación de recursos no renovables (gas, petróleo).
- Reducción en los costos de operación del edificio en el caso en el que se logre producir energía en el lugar.

### Referencias:

- Ley 1715 de 2014 “por medio de la cual se regula la integración de las energías renovables no convencionales al sistema energético nacional”, además de sus adiciones y/o modificaciones.
- NTC 2775: Energía solar fotovoltaica
- NTC 2883: Módulos fotovoltaicos de silicio cristalino para aplicación terrestre.
- NTC 2959: Energía fotovoltaica: Guía para caracterizar las baterías de almacenamiento para sistemas fotovoltaicos.
- NTC 4405: Eficiencia energética: Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares y sus componentes.
- NTC 2631: Energía solar: Cálculo de transmitancia y reflectancia fotométricas en materiales sometidos a radiación solar.
- NTC 2774: Energía solar: Evaluación de materiales aislantes térmicos empleados en colectores.

#### **3.3.3.6 Medición y sub-medición del consumo de energía**

Adicionalmente a la especificación de sistemas y el uso de estrategias que permitan reducir el consumo de energía del edificio mediante un uso óptimo de la energía, se debe contemplar también un diseño que permita el continuo monitoreo de los diferentes sistemas del colegio en los cuales se consuma energía. Esto permite que durante la fase de operación del colegio se mantenga un desempeño óptimo en términos del consumo de energía. Se recomienda la implementación de la siguiente estrategia:

### 3.3.3.6.1 **Sistemas de medición y sub-medición del consumo de energía**

#### Objetivo:

Reducir el consumo de energía del colegio mediante el monitoreo del consumo de los diferentes sistemas del edificio.

#### Implementación:

Una estrategia para optimizar el consumo de energía es la medición del consumo dentro del edificio con el fin de llevar un registro a lo largo del tiempo e identificar incrementos o decrecimientos en el ahorro. Para ello se recomienda instalar un medidor que permita monitorear el consumo para cada tipo de energía presente en el edificio.

Adicionalmente, para hacer más precisas estas mediciones, se sugiere instalar diferentes medidores que permitan un monitoreo más detallado del consumo por cada sistema (iluminación, ventilación, electrodomésticos). Se recomienda la medición independiente del sistema de iluminación interior y exterior por separado, ventilación mecánica (si aplica), aire acondicionado (si aplica), y tomas para electrodomésticos.

#### **Ilustración 21. Ejemplo de medidor de consumo de energía eléctrica**



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/electricity-meter-current-pay-96863/>, agosto de 2017

#### Beneficios:

- Reducción del consumo energético.

- Reducción de los costos operativos.

Referencias:

- N.A.

### **3.3.4 Agua**

Al igual que la energía, el agua cumple un papel fundamental al momento de hacer a un colegio sostenible y reducir su impacto ambiental, al ser un recurso esencial para la correcta operación del colegio y permitir la operación de baños, preparación de alimentos y el adecuado mantenimiento de las zonas verdes. Por lo mismo, desde la planeación de cada colegio se debe garantizar tanto el acceso a este recurso, como su calidad, garantizando que sea adecuada para la salud de estudiantes, profesores y trabajadores de cada colegio.

Al hacer un adecuado manejo del agua, no solamente se reduce el consumo, sino que se tiene un impacto sobre el consumo de energía requerida para su tratamiento y transporte, siendo necesaria la reducción en su consumo, así como un adecuado manejo.

Un punto clave, y un requisito en lo que al consumo de agua se refiere, es el cumplimiento de la legislación vigente establecida en la Resolución 549 de 2015. En ésta, se establece que las edificaciones nuevas deben garantizar un mínimo de ahorro de agua a partir de una línea base de consumo, diferenciada para los pisos térmicos establecidos para Colombia: frío, templado, cálido húmedo y cálido seco. Para efectos de esta Guía y para demostrar el cumplimiento de ahorro de agua sugerido, se dividirán en colegios de más de 1.500 alumnos y colegios de hasta 1.500 alumnos, en los que se mantendrán la misma línea base y porcentajes de ahorro por clima de acuerdo con la Resolución y según las siguientes tablas:

**Tabla 7. Líneas base de consumo de agua para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de más de 1.500 alumnos (IFC, 2015)**

Línea base de consumo (litros/persona/día) para edificios educativos según clima.			
Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
50	50	50	24.8

**Tabla 8. Porcentajes de ahorro de agua mínimos obligatorios para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de más de 1.500 alumnos (IFC, 2015)**

Porcentaje de ahorro mínimo (%) de agua con respecto a la línea base según el clima.			
Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
45	40	40	40

Para demostrar ahorros de agua sugeridos en los colegios de hasta 1.500 alumnos, se utilizará la línea base y porcentajes de ahorro por clima, de acuerdo con las siguientes tablas:

**Tabla 9. Líneas base de consumo de agua para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de hasta 1.500 alumnos**

Línea base de consumo (litros/persona/día) para edificios educativos según clima.			
Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
50	50	50	50

**Tabla 10. Porcentajes de ahorro de agua mínimos para edificios educativos según el tipo de clima para colegios de hasta 1.500 alumnos**

Porcentaje de ahorro mínimo (%) de agua con respecto a la línea base según el clima.			
Frío (12-18°C a 2000-2999 msnm)	Templado (18-24°C a 1000-1999 msnm)	Cálido seco (>24°C; HR<75% a <1000 msnm)	Cálido húmedo (>24°C; HR>75% a <1000 msnm)
45	40	40	40

Existen varias estrategias que permiten la reducción del consumo de agua del colegio, así como para su adecuado manejo. Estas pueden ser implementadas de manera independiente, para esto se recomienda la instalación de griferías y aparatos eficientes en los colegios y la

evaluación de estrategias de ahorro, como la reutilización de aguas lluvias y/o aguas grises tratadas, según condiciones específicas y necesidad de cada colegio (ej. limitado acceso a agua potable).

Para demostrar los porcentajes de ahorros requeridos, se puede calcular determinando el número de estudiantes, profesores y personal administrativo de cada colegio, y luego asignando usos por día y consumo por aparato. Para este cálculo, el número de usos de cada aparato es el siguiente:

**Tabla 11. Estandarización de número de usos por día según aparato de consumo de agua y caracterización del usuario.**

Numero de usos por día.		
Tipo de Aparato	Estudiantes	Profesores/Personal Administrativo
Sanitario		
Mujer	3	3
Hombre	1	1
Orinal		
Mujer	0	0
Hombre	2	2
Lavamanos		
12-15 Segundos	3	3
Lavaplatos		
60 segundos	0	1
Duchas (Si aplica)		
300 segundos	0	0,1

Para el cálculo se debe utilizar un 50% de ocupantes mujeres y el otro 50% de ocupantes hombres, esto aplica para todos los colegios, salvo alguna condición específica en la que se requiera modificar estos porcentajes.

**Tabla 12. Eficiencias estándar de aparatos sanitarios**

Comparación de consumos estándar y consumos eficientes de aparatos sanitarios		
Tipo de Aparato	Estándar UPC (Uniform Plumbing Code) & IPC (International Plumbing Code)	Eficientes
Lavamanos (LPM)	8,3	2
Orinales (LPD)	3,8	0,5
Sanitarios (LPD)	6	4,5

Lavaplatos (LPM)	8,3	5,6
Duchas (LPM) (Si aplica)	9,5	6

LPD: Litros por descarga

LPM: Litros por minuto

UPC: Código Uniforme de Fontanería - Por sus siglas en inglés

IPC: Código Internacional de Fontanería - Por sus siglas en inglés

Para calcular el ahorro en el consumo de agua, se da el siguiente ejemplo para un colegio de 480 alumnos (12 aulas):

**Tabla 13. Ejemplo - ocupación**

<b>Ocupación</b>	
Estudiantes (50% Hombres - 50% Mujeres)	Profesores/Personal Administrativo (50% Hombres - 50% Mujeres)
480	24

**Tabla 14. Ejemplo cálculo de ahorro para sanitarios y orinales**

<b>Cálculos de consumo y ahorro por grupo de uso anual de sanitarios y orinales</b>													
	No. de Usos diario	No. de Personas	No. de días	Caso base			Caso aparatos eficientes			Diferencia - Litros	% de Ahorros		
				Consumo - LPD	Total año Litros - Base		Consumo - LPD	Total año Litros - Con Aparatos					
Sanitarios - Estudiantes Mujeres	3	240	216	x	6	=	933.120	x	4,5	=	699.840	233.280	25%
Sanitarios - Estudiantes Hombres	1	240	216	x	6	=	311.040	x	4,5	=	233.280	77.760	25%
Orinales - Estudiantes	2	240	216	x	3,8	=	393.984	x	0,5	=	51.840	342.144	87%
Sanitarios - Profesores/Personal	3	12	216	x	6	=	46.656	x	4,5	=	34.992	11.664	25%
Sanitarios - Profesores/Personal	1	12	216	x	6	=	15.552	x	4,5	=	11.664	3.888	25%
Profesores/Personal Admón... Hombres	2	12	216	x	3,8	=	19.699	x	0,5	=	2.592	17.107	87%
<b>Total consumo sanitarios y orinales por año</b>							<b>1.720.051</b>				<b>1.034.208</b>	<b>685.843</b>	<b>40%</b>

**Tabla 15. Ejemplo cálculo de ahorro para lavamanos y lavaplatos**

Cálculos de consumo y ahorro por grupo de uso anual de lavamanos y lavaplatos											
	No. de Usos diario	No. de Personas	No. de días	Caso base			Caso griferías eficientes			Diferencia - Litros	% de Ahorros
				Consumo - LPM	Total año Litros - Base		Consumo - LPM	Total año Litros - Con Aparatos Eficientes			
Lavamanos - Estudiantes Mujeres	3	x 240	x 216	x 8,3	= 1.290.816	x	2	= 311.040	979.776	76%	
Lavamanos - Estudiantes Hombres	3	x 240	x 216	x 8,3	= 1.290.816	x	2	= 311.040	979.776	76%	
Lavamanos - Profesores/Personal Admón.. Mujeres	3	x 12	x 216	x 8,3	= 64.541	x	2	= 15.552	48.989	76%	
Lavamanos - Profesores/Personal Admón.. Hombres	3	x 12	x 216	x 8,3	= 64.541	x	2	= 15.552	48.989	76%	
Lavaplatos - Profesores/Personal Admón.. Hombres	1	x 12	x 216	x 8,3	= 21.514	x	5,6	= 14.515	6.998	33%	
Lavaplatos - Profesores/Personal Admón.. Hombres	1	x 12	x 216	x 8,3	= 21.514	x	5,6	= 14.515	6.998	33%	
<b>Total consumo lavamanos y lavaplatos</b>					<b>2.753.741</b>			<b>682.214</b>	<b>2.071.526</b>	<b>75%</b>	

**Tabla 16. Ejemplo cálculo de ahorro anual**

<b>Cálculo de ahorro anual</b>			
	Total sanitarios y orinales	Total lavamanos y lavaplatos	<b>Total</b>
Total calculado consumo base	1,720,051	2,753,741	4,473,792
Total calculado consumo con aparatos y griferías eficientes	1,034,208	682,214	1,716,422
<b>Porcentaje de ahorro anual</b>			<b>62%</b>

\* En este cálculo no se incluye el consumo de agua de riego en zonas verdes.

### **3.3.4.1 Estrategias para el ahorro de agua en colegios**

Existen varias estrategias que permiten la reducción del consumo de agua del colegio. Estas pueden ser implementadas de manera independiente y no es obligatoria la implementación de ninguna de estas en particular.

#### **3.3.4.1.1 Uso de aparatos eficientes**

Objetivo:

Reducir el consumo de agua en el colegio mediante el uso de aparatos que utilicen una menor cantidad de agua para su funcionamiento.

Implementación:

Los baños son el lugar en donde más agua se utiliza en las instituciones educativas. Lograr reducir el consumo en estos espacios resulta en una importante contribución para el ahorro global del plantel educativo.

Para lograr esto, se recomienda instalar en todos los baños del colegio aparatos eficientes y accesorios de conservación de agua tales como aireadores o sistemas duales de descarga (una adecuada combinación de estos puede permitir ahorros de entre un 20% y un 42%). En

caso de no ser posible la instalación de estos aparatos en la totalidad del colegio, se debe dar prioridad a su instalación en las baterías de baños de mayor uso.

Se recomienda instalar aparatos con los consumos máximos especificados en la siguiente tabla:

**Tabla 17. Accesorios recomendados para edificios escolares (IFC, 2015)**

Tipo de accesorio	Especificaciones recomendadas. Presión de agua mínima requerida es de 3 bar (IFC, 2015).
Lavamanos	Llave de agua con control de cierre automático y aireador de flujo de 2 LPM (litros por minuto).
Orinales	0.5 LPD (litros por descarga).
Sanitarios	Descarga de 4.5 LPD (litro por descarga) o descarga dual de 4.5 y 6 LPD (litros por descarga).
Lavaplatos	Llave de agua con aireador de flujo de 5.6 LPM (litros por minuto).
Duchas (Si aplica)	De bajo caudal con cierre automático y aireador de flujo de 6 LPM (litros por minuto).

**Ilustración 22. Ejemplo de grifería ahorradora**



**Beneficios:**

- Reducción en el consumo de agua del colegio.
- Reducción en el costo operativo del colegio.

**Referencias:**

- Resolución 549 de 2015.
- NTC 1500, Código Colombiano de Fontanería.

### 3.3.4.1.2 *Recolección y tratamiento de aguas lluvias*

#### Objetivo:

Reducir la demanda de agua potable del edificio mediante la recolección, tratamiento y utilización de las aguas lluvias.

#### Implementación:

Las aguas lluvias son una fuente de agua que al ser recolectada y tratada correctamente pueden ayudar a reducir la demanda de agua potable en el colegio. Para su utilización, estas se deben recolectar en cubiertas y ser almacenadas en tanques, para su posterior uso en actividades de limpieza o descarga de sanitarios y orinales.

Esta estrategia es particularmente efectiva en edificios educativos. Sin embargo, se deben estudiar previamente dos variables para determinar la viabilidad de esta medida para cada caso en particular: (i) se debe calcular el área disponible para la recolección de las aguas lluvias y (ii) se debe estudiar la disponibilidad promedio de agua lluvia anual para la ubicación específica del proyecto, con el apoyo de archivos de frecuencia de precipitaciones existentes. Al combinar estos dos parámetros se puede determinar el potencial de captación de agua lluvia anual y determinar la viabilidad de esta medida mediante la fórmula:

**Tabla 18. Fórmula para el cálculo del potencial anual de recolección de aguas lluvias**

<b>Volumen de captura de agua</b> <b>(m3)</b>	<b>=</b>	<b>Precipitación anual de lluvia</b> <b>(m3)</b>	<b>x</b>	<b>Área de captación</b> <b>(m3/año)</b>	<b>x</b>	<b>Coefficiente de escorrentía</b>
--	----------	---	----------	---	----------	------------------------------------

El coeficiente de escorrentía varía dependiendo del material de la superficie de la cubierta:

Concreto = 0.9

Hojas de metal corrugado = 0.7 – 0.9

Pavimento (concreto, asfalto) = 0.9 – 1.0

Suelo sin recubrimiento = 0.2 – 0.75

Pasto / césped = 0.05 – 0.35

Suelo con vegetación = 0.1 – 0.6

El diseño y construcción del sistema de tratamiento de aguas lluvias debe garantizar los parámetros de calidad de agua indicados para el uso destinado según la normativa ambiental vigente. Se deben implementar tratamientos de sólidos suspendidos y cloración, la tubería y puntos de salida del agua tratada deben estar marcados para que sean fácilmente identificables.

### Ilustración 23. Ejemplo de sistema de recolección de aguas lluvias



Imagen tomada de: [http://ecologiahoy.net/wp-content/uploads/2014/11/600273\\_452882954743867\\_710603066\\_n.jpg](http://ecologiahoy.net/wp-content/uploads/2014/11/600273_452882954743867_710603066_n.jpg), agosto de 2017

#### Beneficios:

- Reducción en la demanda de agua potable del sistema de acueducto.
- Reducción del impacto ambiental del edificio por el consumo de agua y el uso de energía para su transporte desde la fuente hasta el lugar del proyecto.

#### Referencias:

- Resolución 549 de 2015.

### **3.3.4.1.3 Reutilización y tratamiento de aguas grises**

#### Objetivo:

Reducir la demanda de agua potable del edificio mediante el tratamiento y reutilización de las aguas grises (aguas residuales de lavamanos y duchas) producidas en el edificio.

#### Implementación:

Cerca de un 85% de las aguas residuales de un edificio están compuestas por agua fresca. Las aguas grises a diferencia de las aguas negras no contienen desechos humanos lo que permite un tratamiento para su reutilización en el lugar más eficiente, y si bien esta no es apta para el consumo humano, si puede ser tratada y reutilizada para otro tipo de procesos que requieran agua, tales como la descarga de sanitarios, orinales o tareas de aseo. Se recomienda implementar en colegios, al ser una medida económicamente viable que reduce la demanda de agua potable y el impacto ambiental.

Para la implementación de esta estrategia, se debe plantear un sistema de desagüe que permita separar las aguas grises de las aguas negras; una vez separadas, las aguas grises deben pasar por un sistema de tratamiento para luego ser utilizadas en sanitarios, orinales, grifería para el aseo del colegio y el riego.

Esta estrategia se recomienda solamente cuando la salida de aguas grises sea mayor a 50 KLD (kilo litros / día).

El diseño y construcción del sistema de tratamiento de aguas grises debe garantizar los parámetros de calidad de agua indicados para el uso destinado, según la normativa ambiental vigente. Además, la tubería y puntos de salida del agua tratada deben estar marcada para que sea fácilmente identificable.

## Ilustración 24. Ejemplo de humedal artificial para tratamiento de aguas grises

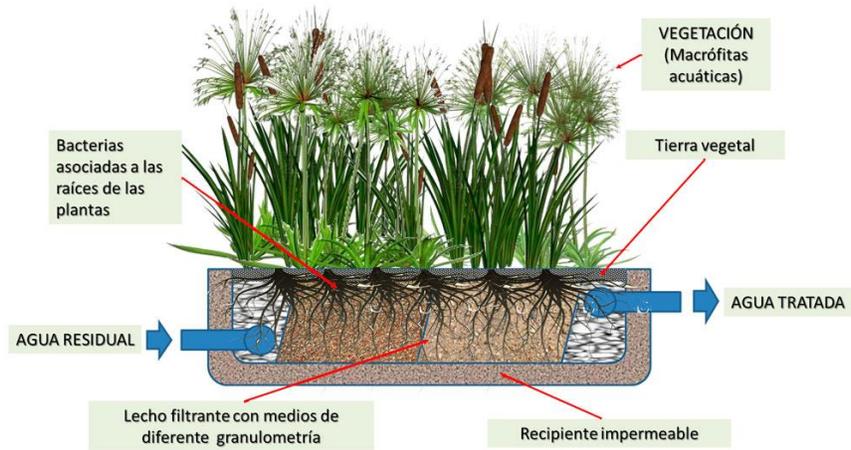


Imagen tomada de: <http://www.hidrosferasa.com/wp-content/uploads/2016/03/HumedalDisen%CC%83o.jpg>, agosto de 2017

### Beneficios:

- Reducción en la demanda de agua potable del sistema de acueducto.
- Reducción del impacto ambiental del edificio por el consumo de agua y el uso de energía para su transporte desde la fuente hasta el lugar del proyecto.

### Referencias:

- Resolución 549 de 2015.

### **3.3.4.1.4 Reducción del uso de agua para exteriores**

#### Objetivo:

Reducir la demanda de agua en el colegio mediante el diseño de espacios exteriores que requieran la menor cantidad de agua posible para este fin.

#### Implementación:

El riego de zonas verdes en un colegio puede generar altos consumos de agua, por lo cual se debe minimizar la cantidad de agua para espacios exteriores, procurando reutilizar la no apta para el consumo humano para estas labores de riego y mantenimiento.

Siendo así, se recomienda utilizar vegetación nativa o adaptada al lugar donde se ubique el colegio, es decir, que requiera un riego mínimo, y prevenir la plantación de especies invasoras

que generen mayor demanda de agua y mantenimiento. Para determinar las necesidades de agua se debe tener en cuenta el promedio de precipitación anual estimado para el lugar donde se vaya a desarrollar el colegio y contrastarlo con las especies seleccionadas para ser sembradas.

Beneficios:

- Reducción de la demanda de agua potable.
- Reducción del impacto ambiental del edificio por el consumo de agua y el uso de energía para su transporte desde la fuente hasta el lugar del proyecto.

Referencias:

- Resolución 848 de 2008 “por la cual se declaran unas especies exóticas como invasoras y se señalan las especies introducidas irregularmente al país que pueden ser objeto de cría en ciclo cerrado y se adoptan otras determinaciones” del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, además de sus adiciones y/o modificaciones.”
- Documento: “Estado de conocimiento de especies invasoras”. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt. 2016.
- Manual de Silvicultura Urbana. Jardín Botánico de Bogotá. José Celestino Mutis.

**3.3.4.2 Estrategias de diseño para la operación eficiente del sistema hidrosanitario del colegio**

**3.3.4.2.1 Medición y sub-medición del consumo de agua**

Objetivo:

Monitorear por sectores el consumo de agua en el colegio, para poder hacer seguimiento periódico y así fomentar el uso eficiente.

Implementación:

El monitoreo periódico del consumo de agua dentro del edificio permite tener un control sobre la forma en que se está dando uso a este recurso, detectar fallas sectorizadas y hacer un

análisis estadístico a lo largo del tiempo. Con esta información se puede mejorar las prácticas dentro del edificio para un uso más eficiente del recurso.

Para monitorear el consumo de agua se recomienda instalar medidores, de lectura manual o automatizada, por cada zona donde se utilice (ej. baterías de baño, cocina, riego, etc.), los cuales permitan llevar un registro mensual del consumo. Se recomienda el uso de medidores independientes para cada sistema del edificio con el fin de tener información más exacta con relación al uso que se le da al agua en el colegio. Adicionalmente, si el colegio cuenta con sistema de agua tratada (lluvia y/o grises) se deben instalar 2 puntos de medición, uno antes del bypass para medir la cantidad de agua potable que entra al sistema, y otro a la salida del tanque.

#### **Ilustración 25. Ejemplo de medidor de agua**



*Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/cold-cubic-device-measure-meter-88217/>. Agosto de 2017*

#### **Beneficios:**

- Control sobre el consumo de agua del colegio por zonas e identificación de oportunidades de ahorro.

#### **Referencias:**

- Resolución 549 de 2015.

### **3.3.5 Atmósfera**

La operación de los diferentes edificios conlleva a la emisión de gases provenientes del desarrollo de los procesos realizados por los sistemas del edificio, algunos de los cuales pueden resultar nocivos para la atmósfera. Un caso especialmente perjudicial son los refrigerantes con contenidos de clorofluorocarbono (CFCs) debido al elevado daño que estos producen en la capa de ozono.

Se recomienda la implementación de la siguiente estrategia para prevenir la afectación de la atmósfera.

#### **3.3.5.1 Manejo de refrigerantes**

##### Objetivo:

Reducir el impacto ambiental del colegio y reducir la afectación de la capa de ozono a través del uso de refrigerantes libres de CFCs.

##### Implementación:

No utilizar refrigerantes CFCs en ningún sistema del colegio. Los CFCs pueden estar presentes en refrigerantes utilizados por sistemas de aire acondicionado o sistemas de refrigeración en general y se recomienda cerciorarse de que los equipos especificados para este fin no utilicen este tipo de refrigerante.

##### Beneficios.

- Reducción en la afectación de la capa de ozono.

##### Referencias.

- U.S. EPA Clean Air Act, Title VI, Section 608, Refrigerant Recycling Rule:  
[epa.gov/air/caa/](http://epa.gov/air/caa/)

### **3.3.6 Calidad del ambiente interior**

Todo edificio debe garantizar la calidad de sus espacios interiores, la cual se ve reflejada en la salud y el confort de sus ocupantes. Para ello se deben monitorear los siguientes aspectos:

- Iluminación. Niveles de iluminación inadecuados pueden llevar no solamente a situaciones de discomfort para los ocupantes sino a problemas de salud relacionados a la visión. Teniendo en cuenta que los niveles requeridos en cada espacio del edificio varían dependiendo de las actividades llevadas a cabo, se debe diseñar cada espacio para que cumpla con los niveles de iluminación.
- Ventilación. La ventilación de los diferentes espacios es vital para la remoción de los diferentes contaminantes que se acumulan en el aire dentro del edificio.
- Temperatura. Niveles de temperatura muy altos o muy bajos generan discomfort en las personas. Adicionalmente, pueden llegar a generar problemas de salud. Para garantizar la salud y el confort de los ocupantes del edificio es necesario mantener la temperatura de cada espacio del edificio dentro de los rangos aconsejados para el desarrollo de cada actividad.
- Humedad relativa. Así como es importante mantener una temperatura adecuada, los niveles de humedad al interior de la edificación también tienen un impacto importante sobre la salud y el confort de los ocupantes. Por un lado, un espacio demasiado húmedo o demasiado seco puede ser incomodo y, por el otro, pueden incentivar la aparición de moho, virus y bacterias en el ambiente generando problemas de salud para los ocupantes.
- Calidad del aire. La calidad del aire al interior del colegio se mide en la cantidad de componentes contaminantes o potencialmente nocivos para los ocupantes del colegio. Adicionalmente para una ventilación que renueve el aire que los ocupantes respiran constantemente para que las concentraciones de CO<sub>2</sub> no lleguen a niveles muy elevados y para remover contaminantes generados en el interior del edificio, es necesario garantizar la calidad del aire que se esta proveyendo a los ocupantes desde el exterior. El aire proveniente del exterior

puede estar contaminado con diferentes partículas y enfermedades por lo que es necesario mantener un control sobre este y acondicionarlo siempre que sea necesario. Adicionalmente se deben identificar las fuentes contaminantes al interior del edificio para minimizar su impacto o eliminarlas de ser posible.

Para garantizar el cumplimiento de los parámetros establecidos para cada uno de estos aspectos, se puede recurrir tanto a estrategias pasivas o activas, siempre y cuando se garantice la permanencia continua dentro de los rangos admisibles. Para ello, se sugiere la implementación de las siguientes estrategias.

### ***3.3.6.1 Desempeño mínimo para la renovación del aire***

#### Objetivo:

Garantizar una calidad óptima del aire al interior de los diferentes espacios del colegio en términos de niveles de ventilación.

#### Implementación:

El diseño de ventilación natural, mecánico o la combinación de estos, debe garantizar que los diferentes espacios del colegio tengan los suficientes cambios de aire (renovación de aire) por hora de acuerdo con su uso (aula, cafetería, etc.) y ocupación, para que los niveles de gas carbónico (CO<sub>2</sub>) no sobrepasen los niveles tolerados para un espacio interior.

Para esto, se sugiere hacer un estudio durante la etapa de diseño en la cual se simulen las condiciones de operación del colegio y se cumpla con los niveles de ventilación requeridos para cada espacio, de acuerdo con su uso y ocupación. Se recomienda que los diseños permitan que ningún espacio en el colegio sobrepase las 700 partes por millón de CO<sub>2</sub> y se establezca este como límite máximo aceptable.

#### Beneficios:

- Incremento en el desempeño académico de los estudiantes y en el desempeño de los profesores y demás ocupantes del colegio.
- Menores riesgos de salud.

### Referencias:

- NTC 4595, capítulo 8.5 “Calidad del aire”.
- ASHRAE 62.1–2010: ashrae.org
- ASHRAE Standard 170–2008: ashrae.org
- CEN Standard EN 15251–2007: cen.eu
- CEN Standard EN 13779–2007: cen.eu
- CIBSE Applications Manual AM10, March 2005: cibse.org

### **3.3.6.2 Monitoreo de la calidad del aire**

#### Objetivo:

Garantizar la calidad del aire dentro de los diferentes espacios del colegio.

#### Implementación:

Existe la posibilidad que en determinados momentos los espacios requieran de mayores niveles de ventilación debido a concentraciones de CO<sub>2</sub> mayores a los recomendados, y por esto sea necesario permitir una mayor entrada de aire exterior a través de ventanas, rejillas, etc. Para garantizar que la calidad del aire se mantenga dentro de los rangos aceptables, se recomienda la implementación de sensores que perciban concentraciones por encima de los niveles máximos recomendados de CO<sub>2</sub>. La instalación de estos sensores se debe hacer según las especificaciones de cada fabricante, generalmente se recomiendan instalar a una altura de 1.2 m del piso y retirados de puertas y ventanas.

Los sensores pueden funcionar activando un sistema de respuesta de manera automática o alertando a los usuarios para que estos activen un sistema de ventilación de manera manual.

Se recomienda que para los colegios se establezca como límite máximo aceptable las 700 partes por millón de CO<sub>2</sub>, de manera que los sensores se activen cuando se sobrepase este límite, para que ya sea de forma automática o manual se aumente la ventilación al interior del espacio.

Beneficios:

- Incremento en el desempeño académico de los estudiantes y en el desempeño de los profesores y demás ocupantes del colegio.
- Menores riesgos de salud.

Referencias:

- NTC 4595, capítulo 8.5 “Calidad del aire”.

**3.3.6.3 Iluminación natural y visibilidad al exterior**

Objetivo:

Generar una conexión entre los ocupantes del colegio y el exterior, reforzando el ciclo circadiano y reduciendo el uso de luz eléctrica mediante la introducción de luz natural a los diferentes espacios.

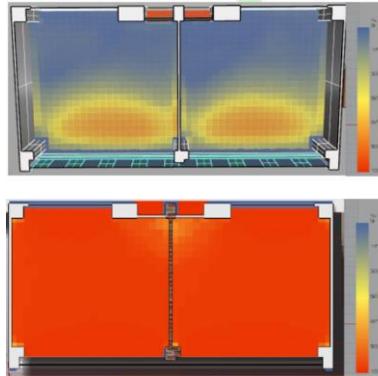
Proporcionar a los ocupantes del colegio una conexión entre los espacios interiores y el exterior mediante la introducción de la luz natural y el acceso a vistas exteriores.

Lograr una línea visual directa entre los ocupantes del edificio y el exterior por medio de ventanas en un rango entre 0.8m y 2.3m (0.6m y 2.3m para preescolar) sobre el nivel del suelo para el 80% de los espacios ocupados por más de 1 hora (aulas, laboratorios, biblioteca, oficinas, etc.).

Implementación:

Por medio de la utilización de la luz natural se reduce la demanda de iluminación artificial, para garantizar los niveles requeridos al interior de los diferentes espacios y mejorar la calidad de interiores.

**Ilustración 26. Factor de luz día para el mismo espacio, con diferentes condiciones de luz natural**



*El caso 1 (arriba) presenta una menor autonomía, con luz suficiente solamente frente a las ventanas.*

*El caso 2 (abajo) presenta una autonomía total con suficiente luz natural.*

*Imagen tomada de: Comportamiento Energético y Confort en Colegios (SES, 2017).*

Como parte del diseño se deben prevenir problemas de deslumbramiento (pérdida momentánea de la visión producida por el exceso de luz) mediante la instalación de dispositivos de control, tales como cortasoles, persianas o cortinas ajustables.

**Ilustración 27. Ventanas con película para evitar el deslumbramiento**



Adicionalmente, se deben tener en cuenta los parámetros especificados en la NTC 4595 con relación a la especificación de las aberturas por medio de las cuales se da acceso a la luz natural hacia los espacios interiores del colegio; y en relación con las características de los espacios exteriores desde los cuales proviene la luz natural.

(Ver sección 3.3.3.1.1 *Diseño optimizado iluminación natural para información complementaria sobre la iluminación natural*).

Beneficios:

- Mejoras en el comportamiento de las personas.
- Mejora en la salud de los ocupantes debido al refuerzo del ritmo circadiano.
- Mejora en el desempeño de los estudiantes.
- Reducción en el consumo de energía.
- Reducción en el consumo de recursos naturales y del impacto ambiental del colegio.

Referencias:

- NTC 4595, capítulos 7.3 “instalaciones técnicas - iluminación artificial” y 8.2 “comodidad - Comodidad visual”.
- IES Lighting Measurements (LM) 83-12, Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE): [webstore.ansi.org](http://webstore.ansi.org)
- The Lighting Handbook, 10th edition, Illuminating Engineering Society: [ies.org](http://ies.org)

### **3.3.6.4 *Diseño de iluminación***

Objetivo:

Proveer a los espacios interiores con la mejor calidad de luz posible.

Implementación:

Se debe desarrollar un diseño de la iluminación de cada espacio del edificio para satisfacer las condiciones de iluminación requeridas para las actividades desarrolladas en su interior. Para esto se deben cumplir con criterios de nivel de iluminación, uniformidad de la iluminación, deslumbramiento máximo (UGR) y eficiencia energética (VEEI), especificados en la NTC 4595 que se basan en el Reglamento Técnico de Iluminación Natural y Alumbrado Público “RETILAP”. También se debe garantizar un índice de reproducción del color “IRC” por encima del 80% y una temperatura de color entre 4000K y 6500K.

Ver secciones *3.3.3.2.1 Iluminación eficiente* y *3.3.3.2.2 Control de iluminación* para información complementaria sobre el diseño de iluminación.

Al momento de hacer el diseño de iluminación se debe tener en cuenta el aspecto energético mencionado anteriormente en relación con el uso de iluminación natural, el desarrollo de una iluminación eficiente y el control de la iluminación.

Beneficios:

- Incremento en el desempeño académico de los estudiantes y en el desempeño de los profesores y demás ocupantes del colegio.
- Reducción de las distracciones al interior de los salones de clase.
- Reducción de problemas de salud relacionados con la visión.

Referencias:

- NTC 4595, capítulos 7.3 “Iluminación artificial” y 8.2 “Comodidad visual”.
- The Lighting Handbook, 10th edition, Illuminating Engineering Society of North America: ies.org

### **3.3.6.5 Control del humo de tabaco**

Objetivo:

Eliminar la exposición de los ocupantes del edificio al humo generado por el tabaco mediante la prohibición de su consumo dentro del colegio y en inmediaciones en un rango de 10 metros de las entradas, tomas de aire y ventanas operables. Se deben señalar las zonas en los alrededores del colegio en las cuales esté prohibido el consumo de tabaco.

Implementación:

Para prevenir la afectación de la calidad del aire a causa del humo de tabaco se debe prohibir el consumo de este dentro de las instalaciones del colegio. Lo cual no es solamente necesario a nivel del control de la calidad del aire, sino un requisito exigido por la ley colombiana.



**PROHIBIDO  
FUMAR**

*Imagen tomada de: <http://tmseguridad.com/?portfolio=senal-prohibido-fumar>. Agosto de 2017.*

Adicionalmente, se sugiere prevenir el consumo de tabaco en los alrededores del colegio en un radio de por lo menos 10 metros alrededor de todos los accesos, tomas de aire para el sistema de ventilación o de cualquier ventana que se pueda operar.

Esta prohibición se debe reforzar con una adecuada señalización que indique que el consumo de tabaco está prohibido en las zonas señaladas previamente.

Beneficios:

- Eliminación de los riesgos de salud generados por la exposición al humo del tabaco.
- Mejoramiento de la calidad del aire.

Referencias:

- Ley 1335 de 2009, Capítulo 5, Artículo 19.

### ***3.3.6.6 Diseño para el confort acústico***

Objetivo:

Desarrollar colegios que cuenten con espacios que faciliten la comunicación entre profesores y alumnos mediante un diseño acústico efectivo, con el objetivo de facilitar el aprendizaje de los estudiantes y generar una buena comunicación entre los diferentes ocupantes del colegio, así como la reducción de la contaminación auditiva.

Se debe tener especial cuidado en garantizar niveles de ruido que no estén por encima de los límites permitidos para espacios del colegio en los cuales se demande una alta concentración.

### Implementación:

Se debe garantizar el cumplimiento de lo establecido por la norma NTC 4595, capítulo 8.4 *comodidad auditiva*, tanto para el aislamiento acústico de los espacios del colegio, que busca aislar los diferentes espacios de ruidos del exterior de los recintos, así como el acondicionamiento acústico interior, el cual pretende asegurar la comunicación clara dentro de los diferentes espacios.

De acuerdo con esta norma, los aislamientos para cada uno de los espacios deben asegurar que los ruidos del ambiente externo no superen los óptimos niveles de intensidad de sonido, de acuerdo con la siguiente tabla:

**Tabla 19. Rangos óptimos de intensidad del sonido, (ICONTEC, 2015, capítulo 8.4)**

<b>Ambiente (sin ocupantes)</b>	<b>Rango de intensidad de sonido en dB(A)</b>	<b>Caracterización</b>
<b>Laboratorio para idiomas</b>	<b>20 – 25</b>	<b>Silencio</b>
<b>Ambiente B y F para música y dormitorios.</b>	<b>35 – 40</b>	<b>Silencio</b>
<b>Ambientes A y C en laboratorios.</b>	<b>40 – 45</b>	<b>Conversación en voz baja</b>
<b>Ambientes C en artes y oficinas.</b>	<b>45 – 50</b>	<b>Conversación natural</b>
<b>Ambientes C tecnología, D, E, F baños y depósitos.</b>	<b>Hasta 60</b>	<b>Voz humana en público</b>

Para mayor detalle de implementación referirse a la norma NTC 4595, capítulo 8.4 “Comodidad auditiva”.

### Beneficios:

- Garantizar condiciones adecuadas para el aprendizaje.
- Mejoramiento del desempeño de los estudiantes.

### Referencias:

- NTC 4595, capítulo 8.4 “Comodidad auditiva”.

### 3.3.6.7 Diseño para el confort térmico

#### Objetivo:

Diseñar espacios que garanticen el confort térmico de los ocupantes promoviendo así un incremento en el desempeño académico de los estudiantes y en el desempeño de los profesores y demás ocupantes del colegio, promoviendo su bienestar mediante el uso de los sistemas de ventilación, calefacción y/o aire acondicionado (si aplica), así como la envolvente del edificio.

#### Implementación:

Cada espacio del colegio está diseñado para el desarrollo de una serie de actividades específicas, las cuales demandan unos rangos de temperatura y humedad diferentes para garantizar el confort de sus ocupantes. En la siguiente tabla están clasificados las estrategias recomendadas según el piso térmico:

**Tabla 20. Estrategias recomendadas para el confort térmico según el clima**

<b>Clima</b>	<b>Seco</b>	<b>Húmedo</b>
<b>Cálido</b>	Protección solar en cubiertas	
	Ventilación cruzada incrementada	
	Protección solar fachadas	
	Masa térmica incrementada	
	Enfriamiento evaporativo	-
	Reducción área transparente	
	Ventiladores eficientes de bajo nivel sonoro	
<b>Templado</b>	Protección solar en cubiertas	
	Ventilación controlada	
	Protección solar fachadas	
	Masa térmica incrementada	
	Control de aberturas de ventilación	
	Ventiladores eficientes de bajo nivel sonoro	
<b>Frío</b>	Cubierta aislada	
	Masa térmica incrementada	
	Control de aberturas de ventilación	
	Ventilación controlada	

De acuerdo con la guía Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única, los rangos de temperatura aceptados para cada clima al interior de los espacios son los siguientes:

- Clima frío: entre 18°C y 25°C (Zonas localizadas entre 2.000 y 3.000 msnm)

- Clima medio (templado): entre 20°C y 28°C (Zonas localizadas entre 1.000 y 2.000 msnm)
- Clima cálido (seco y húmedo): entre 22°C y 29°C (Zonas localizadas entre 0 y 1.000 msnm)

En el caso de contar con una humedad relativa superior al 70% se recomienda implementar algún sistema para absorber la humedad del aire. De la misma forma, se recomienda implementar humidificadores en los casos en los cuales la humedad relativa sea muy baja (por debajo del 20%).

Adicionalmente, se sugiere la instalación de dispositivos que permitan a los ocupantes del colegio operar los sistemas de regulación de la temperatura para adaptarlos a sus necesidades. Para ello, se puede recurrir a sistemas tan simples como la apertura de ventanas, sistemas de control de velocidad de ventiladores y dispositivos para el control de la temperatura de sistemas de aire acondicionado.

Para todos los casos se debe cumplir con los parámetros establecidos por la norma NTC 4595 y la guía Colegio 10 “Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única” en relación con comodidad térmica.

#### Descripción de estrategias para confort térmico:

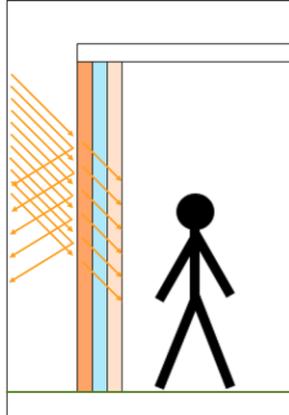
- Protección solar en fachadas:

El objetivo principal de la estrategia consiste en reducir las cargas solares por radiación directa a las cuales se somete la edificación, las cuales pueden llegar a ser 3 o 4 veces más importantes que las cargas internas (personas, equipos), aún en momentos de ocupación plena. Existen múltiples alternativas para el desarrollo de esta estrategia, entre otras se encuentra la utilización de 1) doble muro fachadas 2) cobertura vegetal, 3) cortasoles y 4) aleros.

- Doble muro en fachada:

El doble muro deberá ser ventilado con amplias aberturas en la parte inferior y superior, con el fin de permitir la libre circulación de aire entre los dos elementos y enfriar el muro exterior que recibe la radiación solar. El objetivo, como se mencionó anteriormente, es eliminar la radiación solar directa sobre los muros interiores de la edificación.

### Ilustración 28. Un doble muro en fachada



- Cobertura vegetal en fachada:

Como alternativa al doble muro se pueden utilizar arbustos con suficiente densidad que logren producir el mismo efecto, especies como el Limoncillo, o Swinglea Glutinosa, que se desarrolla bien en Colombia, entre los 0 y 1200 metros de altura.

### Ilustración 29. Ejemplo de cobertura vegetal en fachada



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/paris-vegetal-wall-plants-building-1132415/>, agosto de 2017

- Cortasoles:

Si bien se considera la utilización de cortasoles frente a superficies transparentes, en este caso se desea proporcionar sombra a la fachada, motivo por el cual deberán ser instalados frente a las superficies opacas también. La disposición, orientación y tamaño debe ser tal que obstruya totalmente la incidencia de la radiación solar directa sobre las fachadas.

### Ilustración 30. Ejemplo de cortasoles horizontales



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/building-house-library-wall-395838/>, agosto de 2017

Se deben diseñar para permitir el ingreso de iluminación indirecta con el fin de maximizar la utilización de luz día.

- Aleros:

El propósito de los aleros es el mismo que el de todos los elementos presentados anteriormente. Sin embargo, es necesario realizar evaluaciones de incidencia solar para garantizar que cumplan el propósito de impedir totalmente la incidencia de los rayos solares sobre las fachadas. Se considera su utilización principalmente cuando se encuentran cubriendo no sólo la fachada sino también cuando generan zonas de sombra de tal manera que se hace costo efectiva su utilización.

En clima cálido (húmedo y seco) se recomienda su uso únicamente en las fachadas norte y sur, en ese orden y donde la orientación principal de las fachadas sea oriente-occidente. Por cada metro de altura de fachada que se desea proteger se debe tener una proyección de 0.7m mínimo.

### Ilustración 31. Ejemplo de alero colegio en Valledupar



- Protección solar en cubiertas:

Es la estrategia que proporciona los mejores resultados, tanto en términos de su costo como de su impacto en el confort, y su objetivo principal es reducir el aporte de calor por parte de la radiación solar al interior de la edificación. Para las proporciones de los colegios, en general la cubierta representa la mayor área expuesta a las condiciones de temperatura exterior y radiación solar, y adicionalmente, es claro que su exposición y orientación la hacen más vulnerable debido a que los periodos de mayor temperatura coinciden con aquellos de mayor radiación.

Las alternativas para protección solar de cubiertas operan bajo el mismo principio que la protección solar en fachadas, sin embargo, existen algunas variaciones debido a las diferentes consideraciones que aplican para este tipo de superficies exclusivamente. Se buscan estrategias que eliminen totalmente los aportes de calor provenientes de la radiación solar, como: (i) doble cubierta ventilada, (ii) cubierta aislada, (iii) techos verdes, y (iv) grava de alta reflectancia solar y superficies altamente reflectivas.

- Cubierta doble ventilada:

El objetivo de este sistema es proteger el espacio interno de la radiación solar. Consta de dos cubiertas independientes, separadas entre sí por un espacio por el cual el aire pueda fluir; la cubierta exterior provee sombra a la edificación, mientras el espacio entre las dos cubiertas

se utiliza para promover el flujo de aire entre las dos, lo cual disminuye la transferencia de calor entre una y otra.

### Ilustración 32. Esquema de flujo de aire a través de cubierta doble ventilada

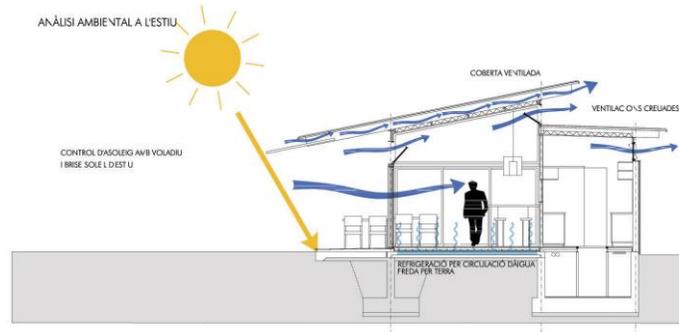


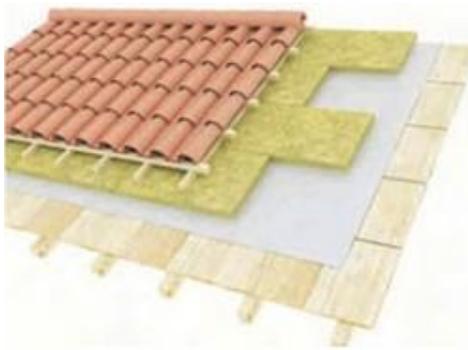
Imagen tomada de: <http://www.lasaldevarador.com/es/arquitectura-bioclimatica/>, agosto de 2017

Es deseable que las cubiertas tengan un pendiente de mínimo 20° con el fin de generar efectos de flotación en caso de no contar con viento exterior, y es claro que se debe garantizar la existencia de aberturas para la salida del aire caliente controlando las aberturas con angeos o mallas para el control de plagas.

- Cubierta aislada:

De todos los elementos presentados anteriormente para protección solar de cubiertas, la cubierta aislada es el único que opera bajo un principio diferente. Como su nombre lo indica, aísla el interior del exterior mediante el uso de una capa de material la cual reduce la inercia térmica de la cubierta, lo que, en horas de frío, permite conservar el calor en el interior de los recintos, mientras que en horas de alta radiación solar (calientes), impide el ingreso de calor desde la superficie exterior que se encuentra expuesta a los rayos solares hacia el interior del espacio, mejorando así las condiciones de confort al interior del mismo.

### Ilustración 33. Ejemplo de capas de cubierta aislada



*Imagen tomada de: <http://www.rockwool.es/productos+y+soluciones/u/2011.construction/2801/cubierta-inclinada/aislamiento-sobre-cubierta/aislamiento-bajo-rastreles>. Agosto de 2017*

Por lo tanto, en las horas frías los recintos cubiertos con aislamiento serán más calientes que aquellos donde se utiliza doble cubierta o cubierta sencilla de lámina galvanizada, Zinc o Fibrocemento; mientras que en horas calientes serán más frescos mejorando la condición interior, principalmente en las zonas climáticas frías.

Se plantea como alternativa para sustituir la doble cubierta en los climas calientes y templados y como única opción de mejora para el confort en climas fríos, donde no se recomienda instalar doble cubierta. Se recomienda la utilización de teja aislada de espuma de poliuretano de 2” mínimo o similar.

- Cubierta verde:

El objetivo y su forma de operación es el mismo que la doble cubierta, se pretende proveer sombra y facilitar la circulación de aire entre las hojas, de manera que no se acumule el calor en la superficie del sustrato que hace las veces de cubierta. Está claro que implica un mayor nivel de inversión y de mantenimiento, así mismo, para que opere adecuadamente debe permanecer densamente poblado y la capa vegetal debe garantizar el flujo de aire entre ésta y el sustrato. No se considera una opción con altas probabilidades de ser implementada, sin embargo, se plantea como alternativa.

### Ilustración 34. Ejemplo de cubierta verde



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/skyscraper-building-complex-1697170/>, agosto de 2017

- Grava y membranas reflectivas:

El principio de operación es el mismo, se desea impedir la incidencia de radiación solar sobre la superficie de la cubierta y permitir el flujo a través del elemento expuesto para mantenerlo fresco. Se recomienda la utilización de gravas blancas y grises, preferiblemente con bordes suaves/redondos para proteger la película, y cubiertas reflectivas tipo TPO (Thermoplastic Roof Membranes).

### Ilustración 35. Grava como acabado de cubierta



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/textured-stone-kennedy-backgrounds-1824205/>, Agosto de 2017

- Reducción área transparente:

Con el objetivo de reducir las ganancias térmicas por radiación solar, se deberá minimizar el área transparente en fachada (vidrio) y/o implementar orientaciones preferenciales con respecto al asoleamiento del edificio.

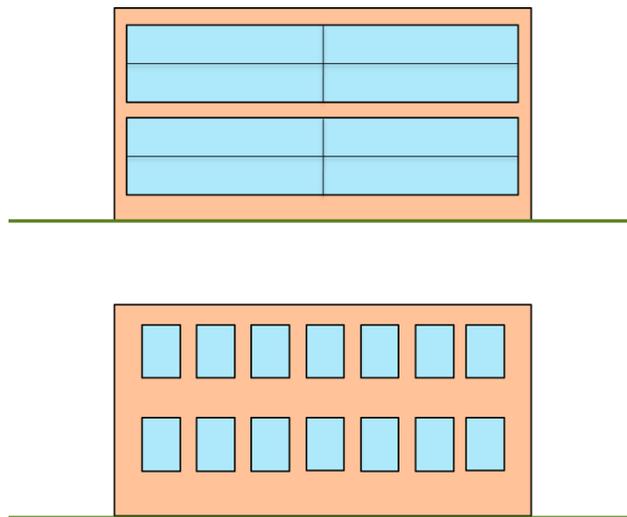
Si bien su impacto no es el más notable, en los entornos rurales puede ser una de las estrategias más fácilmente aplicables, basta con maximizar el uso de fachadas transparentes en las fachadas continuas a las de los edificios vecinos.

En entornos no rurales, las ciudades proporcionan sombra durante buena parte del día sobre las fachadas y los andenes; se recomienda entonces ubicar los salones sobre las carreras, es decir con exposición solar reducida.

Se debe intentar en la medida de lo posible no utilizar salones con fachadas transparentes (vidrios) con vistas al occidente y el oriente para climas calientes. Para climas fríos, la radiación solar durante las mañanas puede ser beneficioso en términos de temperatura al interior, por lo tanto, se deberá evitar vistas al occidente únicamente para estos climas. La fachada occidental se considera entonces la de mayor importancia, dado que en horas de la tarde los salones presentan una inercia térmica acumulada y el sol de la tarde representará un mayor impacto durante estas horas.

En el diseño, se debe tener en cuenta que la implementación de esta estrategia no afecte el diseño de la iluminación natural, las 2 estrategias se pueden implementar en un mismo espacio.

### **Ilustración 36. Opciones de tipo de ventanas para la misma fachada**



*En la primera opción (arriba) se reduce el área transparente, pero se mantienen las condiciones (de luz natural, visuales, etc.) al interior de la edificación.*

- Estrategias de ventilación natural.

Ver descripción en sección 3.3.3.1.3. Ventilación natural.

- Control de aberturas de ventilación:

En climas cálidos (húmedo o seco) la operabilidad de las aberturas de ventilación no implica un impacto notorio en temas de confort al interior de los espacios, debido a que el objetivo de estas aberturas es incrementar tanto como sea posible las renovaciones de aire al interior de los salones para igualar la temperatura exterior.

Por el contrario, en climas templados la posibilidad de controlar las aberturas de ventilación se vuelve beneficioso y para climas fríos es imperativo. En las primeras horas de la mañana se presentan las menores temperaturas exteriores, por lo cual una infiltración de aire excesiva y constante representara en problemas de temperaturas muy bajas al interior de los espacios. Se recomienda entonces la implementación de ventanas operables (basculantes, deslizantes, etc.), las cuales controlen y reduzcan el exceso de infiltración de aire durante estas horas.

### **Ilustración 37. Ventanas operables**



- Masa térmica:

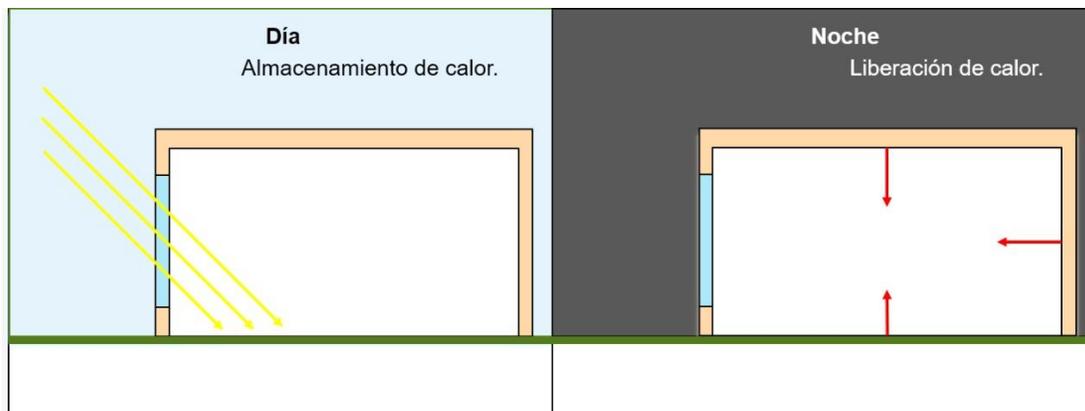
La masa térmica es otra característica que permite modificar el comportamiento térmico de los edificios. Entre más masivos son, las oscilaciones/fluctuaciones de temperatura a lo largo del día y de la noche son menores. La masa térmica, es la única estrategia de climatización

natural que permite mantener una edificación a una temperatura inferior al exterior en climas cálidos.

Sin importar el clima, se hace necesario maximizar la masa térmica de las edificaciones; en la medida de lo posible se utilizarán ladrillo macizo o muros en concreto, y la placa será tan masiva como sea posible para evitar el uso de bloque hueco.

Es importante tener en cuenta que para lograr efectos considerables con las cargas térmicas presentes en este tipo de proyectos/usos se requeriría la utilización de edificios muy masivos, lo que puede hacer esta estrategia difícil de aplicar desde el punto de vista financiero. Por lo tanto, se recomienda la masificación de los edificios sin presentarse requerimientos particulares.

**Ilustración 38. Gráfico de masa térmica**



- Enfriamiento evaporativo:

El objetivo principal de esta estrategia es proveer los espacios de una fuente de aire fresco, con una temperatura de 5°C a 10°C por debajo de la temperatura exterior aproximadamente, durante las horas pico de calor en climas calientes y secos.

Esta estrategia se basa en la utilización de equipos llamados enfriadores evaporativos o lavadoras de aire, que utilizan la energía disponible en el aire caliente para evaporar agua haciéndola pasar por una membrana; al tomar la energía del aire para evaporar el agua, el aire se enfría y al mismo tiempo se hace más húmedo. El resultado en un clima seco es un aire mucho más agradable.

### Ilustración 39. Ejemplo de esquema de enfriamiento evaporativo

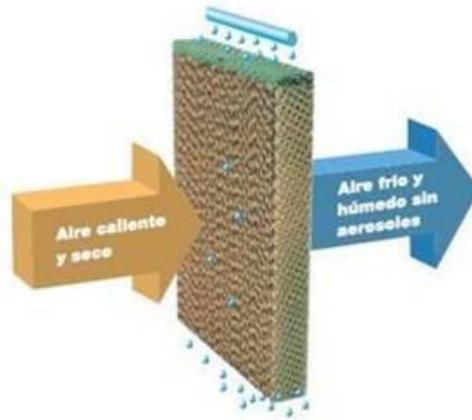


Imagen tomada de: <http://ggcolombia.com/tag/enfriamiento-evaporativo-medellin/>. Agosto de 2017

Se recomienda instalar equipos de enfriamiento evaporativo que tomarán aire exterior y tras humedecerlo y enfriarlo lo inyectarán al espacio que se desea acondicionar.

En términos generales, se recomienda considerar la instalación de un equipo de 3000 cfm (pies cúbicos por minuto) para un salón de 60 metros cuadrados de área. Para otras áreas, se puede estimar el tamaño del enfriador requerido por medio de una regla de tres.

Existen enfriadores de alta capacidad, los cuales con una sola unidad podrán proveer el aire requerido a múltiples salones; en este caso se instalará una red de ductos que lo distribuya uniformemente. Como alternativa, se pueden utilizar varios módulos de menor capacidad, que inyectan el aire directamente al espacio acondicionado en múltiples puntos.

Como componente adicional, se deben instalar rejillas o dampers de gravedad, es decir, compuertas que al encontrarse presurizado el local permiten la salida del aire interior pero no la entrada de aire exterior.

#### Beneficios:

- Incremento en el desempeño académico de los estudiantes y en el desempeño de los profesores y demás ocupantes del colegio.
- Reducción de problemas de salud.

### Referencias:

- NTC 4595, capítulo 8.3 “Comodidad térmica”.
- Colegio 10, Lineamientos y recomendaciones para el diseño arquitectónico del colegio de jornada única.
- ASHRAE Standard 55–2010, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy: ashrae.org
- ASHRAE HVAC Applications Handbook, 2011 edition, Chapter 5, Places of Assembly, Typical Natatorium Design Conditions: ashrae.org
- ISO 7730–2005 Ergonomics of the thermal environment, Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria: iso.org
- European Standard EN 15251: 2007, Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics: cen.eu
- ASHRAE Standard 62.1: ashrae.org

### **3.3.6.8 Pinturas e imprimantes bajos en compuestos Orgánicos volátiles**

#### Objetivo:

Reducir la cantidad de contaminantes del aire al interior de los colegios tanto para los ocupantes como para los trabajadores de la construcción de los colegios.

#### Implementación:

Para reducir los contaminantes olorosos, irritantes y/o perjudiciales para el bienestar y salud de los ocupantes y trabajadores de los colegios, se recomienda emplear pinturas e imprimantes que no sobrepasen los límites de compuestos orgánicos volátiles (COVs) en gramos por litro de la siguiente tabla:

**Tabla 21. Límites de compuestos orgánicos volátiles (COVs) por tipo de producto**

Producto	Límite en gramos por litro (g/L)	Referencia
Pinturas e Imprimantes Mates (ej. Vinilo)	50	Green Seal GS-11, 1993

<b>Pinturas e imprimantes brillantes (ej. esmalte acrílico)</b>	<b>150</b>	<b>Green Seal GS-11, 1993</b>
<b>Anticorrosivos</b>	<b>250</b>	<b>Green Seal GC-03, 2da edición, 1997</b>
<b>Acabados de pisos</b>	<b>100</b>	<b>SCAQMD Rule 1113, 2004</b>

Estos valores se pueden verificar con la ficha técnica del fabricante.

Lo anterior, aplica únicamente para las pinturas e imprimantes aplicadas al interior del colegio, es decir bajo cubierta y entre muros de fachada (ej. salones, laboratorios, biblioteca, etc.) y únicamente para las pinturas e imprimantes aplicados en la obra. Como mínimo, esta condición recomienda cumplir en un 80% (en cantidad de pintura aplicada = volumen) del total de pinturas e imprimantes aplicados en el colegio, que cumplan estas condiciones.

Beneficios:

- Reducción en la contaminación del aire al interior de los colegios durante su operación.
- Reducción en la contaminación del aire para los trabajadores de la construcción de los colegios.

Referencias:

- Green Seal GS-11, 1993
- Green Seal GC-03, 2da edición, 1997
- SCAQMD Rule 1113, 2004

**3.3.7 Materiales**

Los materiales e insumos necesarios para la construcción y operación del colegio juegan un papel importante en cuanto a la sostenibilidad del mismo.

Cada componente del edificio demanda una cantidad de energía y recursos específicos para su producción, transporte, instalación, uso y posterior disposición, definido el ciclo de vida del material.

Su producción está relacionada con todos los recursos y energía requerida para convertir la materia prima en el producto que va a ser utilizado en el proyecto; por su parte, el traslado está relacionado con la energía consumida por los medios de transporte necesarios para llevar el material desde su lugar de producción hasta el lugar de la construcción; la instalación, con la energía e insumos requeridos para instalar el material en la obra; el uso, con la energía necesaria para operar componentes particulares como por ejemplo luminarias; y la disposición con la energía para el desmonte y posterior reciclaje o disposición final del material.

Al considerar este ciclo de vida (evaluación de los impactos ambientales durante la existencia de un producto: extracción, producción, distribución, uso, reutilización, reciclaje, hasta residuo/desecho) se puede lograr el diseño de un colegio el cual requiera menos energía para la producción de sus materiales e insumos de construcción y que cuente con las instalaciones necesarias para posteriormente dar un adecuado manejo a los materiales e insumos necesarios para la operación del mismo.

De manera similar, se deben contemplar los componentes de cada uno de los materiales con el fin de prevenir el uso de elementos contaminantes o nocivos para la salud de los ocupantes del colegio.

- Reducción del impacto ambiental del colegio.
- Reducción del consumo de energía para la construcción del edificio.
- Reducción de los problemas de salud.

A continuación, se mencionan las estrategias aplicables a los colegios para la reducción del impacto ambiental de estos en relación con los materiales:

#### ***3.3.7.1 Almacenamiento y recolección de residuos aprovechables o residuos reciclables***

##### Objetivo:

Diseñar espacios destinados para el almacenamiento y recolección de reciclables dentro del colegio facilitando el proceso de reciclaje.

### Implementación:

Se recomienda contar con espacios destinados al almacenamiento de residuos reutilizables generados durante la operación del colegio, con el objetivo de darles un adecuado manejo aislándolos y protegiéndolos para su posterior reutilización.

Estos espacios deben ser independientes a los designados para el almacenamiento de desechos orgánicos, para evitar así la contaminación de materiales reciclables, con un área no inferior a 4 m<sup>2</sup> para colegios de 12 aulas y 6 m<sup>2</sup> para colegios de 24 aulas.

Los puntos de recolección y almacenamiento pueden ser independientes el uno del otro. Sin embargo, se recomienda que cuenten como mínimo con contenedores independientes para papel, cartón, vidrio, plástico y metales, según los colores de la Norma Técnica Colombiana GTC24.

Se recomienda coordinar con las autoridades locales la disponibilidad de gestión del residuo, para estructurar la capacidad de manejo del colegio.

### **Ilustración 40. Código de colores para reciclaje**



*Imagen tomada de: <https://www.didacticasuministros.com/noticias-7-m/24-canecas-de-reciclaje-por-color-y-su-clasificacion-segun-el-tipo-de-residuos>. Agosto de 2017*

### Beneficios:

- Reducción de la cantidad de residuos no reutilizables por parte del colegio.

### Referencias:

- Norma Técnica Colombiana GTC 24.

### **3.3.7.2 Reutilización del edificio**

#### Objetivo:

Reutilizar partes de edificios preexistentes en el lugar, para reducir la demanda de nuevos materiales para la construcción del colegio.

#### Implementación:

Más allá de una cuidadosa selección de materiales de construcción, en la medida de lo posible, se sugiere reutilizar estructuras existentes en el lugar como parte del diseño del nuevo colegio, para reducir la demanda de materiales de construcción para el proyecto. Es importante asegurar que las estructuras existentes cumplan (o se deben adecuar para que cumplan) con la normativa sísmo resistente vigente para edificaciones educativas.

#### Beneficios:

- Reducción de la demanda de materiales de construcción.
- Reducción de los costos de construcción del colegio.
- Reducción del impacto ambiental del proyecto derivados de la producción y transporte de materiales nuevos.

#### Referencias:

- NSR 10.
- ISO 14044: [iso.org/](http://iso.org/)
- National Register of Historic Places: [nrhp.focus.nps.gov/](http://nrhp.focus.nps.gov/)
- Secretary of Interior's Standards for the Treatment of Historic Properties: [nps.gov/](http://nps.gov/) and [nps.gov/hps/tps/standguide/](http://nps.gov/hps/tps/standguide/)

### **3.3.8 Desarrollo sostenible del lugar**

El desarrollo de un entorno sostenible con características que propicien el bienestar de sus ocupantes es otro de los factores importantes a tener en cuenta en el diseño de una institución educativa.

La implementación de estas prácticas reduce el impacto ambiental del colegio y un mejoramiento en la calidad de vida de los estudiantes, profesores y demás ocupantes del colegio.

Se recomienda la implementación de las siguientes estrategias:

### **3.3.8.1 Transporte alternativo**

#### Objetivo:

Fomentar el uso de transportes alternativos para los estudiantes y brindar un espacio seguro de parqueo.

#### Implementación:

Para colegios en los que se identifiquen que sus estudiantes puedan utilizar la bicicleta como medio de transporte, se debe disponer de un espacio de fácil acceso y seguro para el parqueo. De acuerdo con las indicaciones de la NTC 4595 de 2015, se debe contar con un puesto por cada 10 estudiantes.

#### **Ilustración 41. Ejemplo de parqueadero de bicicletas**



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/photos/ahora.com/-e28098bicise28099-en-ibarra/>, agosto de 2017

#### Beneficios:

- Reducción del impacto ambiental del colegio relacionado al transporte de sus estudiantes.
- Fomento de la actividad física.

#### Referencias:

- NTC 4595 de 2015.

### **3.3.8.2 Maximización del espacio abierto**

#### Objetivo:

Maximizar las áreas abiertas del colegio con el fin de promover el desarrollo de actividad física, promover la biodiversidad y generar espacios de contemplación.

#### Implementación:

Destinar la mayor cantidad de áreas exteriores abiertas en el colegio, mediante la implementación del menor índice de ocupación posible para el desarrollo del programa arquitectónico del edificio. Esto permite el desarrollo de una mayor superficie de zonas verdes, así como de espacios para la recreación y la práctica de actividades deportivas.

Se recomienda destinar un área mínima de un 30% de las áreas libres para zonas verdes con vegetación nativa natural o adaptada al clima del lugar donde se ubique el colegio, para el uso y contemplación de los alumnos y profesores.

#### Beneficios:

- Mejoramiento de la calidad de vida de los ocupantes del colegio.
- Fomento de la actividad física.
- Interacción con el medioambiente.

#### Referencias:

- NTC 4595 de 2015.

### **3.3.8.3 Huertas escolares**

#### Objetivo:

Fomentar el aprendizaje de los estudiantes sobre el medio ambiente y comida sana, a través de las zonas verdes del colegio.

### Implementación:

Se recomienda proveer al colegio con un área de por lo menos 30 m<sup>2</sup> para colegios de menos de 500 estudiantes y de por lo menos 50 m<sup>2</sup> para colegios de 500 o más estudiantes. En dichas áreas se desarrollará una huerta y/o jardín que permita a los estudiantes aprender sobre el medioambiente, los diferentes ecosistemas y/o comidas saludables. Además de ser un espacio de cultivo de alimentos, se le pueden otorgar otros usos como por ejemplo un mariposario, un espacio para el cuidado de animales, entre otros.

De igual manera, esta área debe ir acompañada de un espacio cubierto para almacenar herramientas y los elementos necesarios para su funcionamiento; deberá contar igualmente con una fuente de agua para el riego.

### **Ilustración 42. Ejemplo de huerta escolar**



*Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/school-garden-ground-harken-weed-1737320/>, agosto de 2017*

### Beneficios:

- Fomento del aprendizaje de los estudiantes.

### Referencias:

- N.A.

### 3.3.8.4 Manejo de aguas de escorrentía

#### Objetivo:

Minimizar la interrupción de la hidrología natural minimizando la cantidad de superficies impermeables en el proyecto, maximizando la infiltración, reduciendo la contaminación de aguas pluviales y eliminando contaminantes.

#### Implementación:

Se debe procurar replicar el funcionamiento natural de la hidrología del lugar con el fin de alterar lo menos posible su funcionamiento. Para ello es necesario garantizar una escorrentía lo más cercana al promedio de la región, lo cual se logra al maximizar la cantidad de superficies con vegetación por medio de las cuales se pueda infiltrar el agua hacia el subsuelo y que a la vez permitan la evapotranspiración. Así mismo se debe procurar el uso de superficies duras permeables, las cuales posibiliten el paso del agua, siempre y cuando el suelo por debajo de estas no tenga una permeabilidad inferior.

#### **Ilustración 43. Esquema de influencia de la vegetación en la infiltración**



Imagen tomada de: [https://pendientedemigracion.ucm.es/info/dicix/proyectos/agua/esc\\_sub\\_infiltracion.html](https://pendientedemigracion.ucm.es/info/dicix/proyectos/agua/esc_sub_infiltracion.html). Agosto de 2017

Es indispensable estimar la cantidad de escorrentía que se genera en el sitio de acuerdo con la precipitación anual en el lugar donde se va a situar el colegio, estimando el caudal con datos del comportamiento de las lluvias reportadas por el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), la intensidad de las lluvias, el tiempo de concentración, el área de la cuenca y el coeficiente de escorrentía según el tipo de superficie. Posteriormente, se debe estimar nuevamente el caudal de escorrentía evaluando el cambio del coeficiente debido al cambio de las propiedades del suelo y teniendo en cuenta las nuevas áreas impermeables resultado del desarrollo del colegio.

Como condición previa debe darse manejo a la cantidad de agua correspondiente al percentil 75 de por lo menos una serie de datos históricos de 10 años de lluvias reportadas por el IDEAM.

Beneficios:

- Conservación del entorno y prevención de daños ecológicos.
- Reabastecimiento de los acuíferos subterráneos.
- Prevención de inundaciones.

Referencias:

- Decreto 3930 de 2010 “por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones” del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, además de sus modificaciones y/o adiciones.
- US.EPA Technical Guidance on Implementing the Rainwater Runoff Requirements for Federal Projects under Section 438 of the Energy Independence and Security Act: epa.gov

**3.3.8.5 Control del efecto de isla de calor**

Objetivo:

Reducir el efecto de las islas de calor generado por la absorción de calor proveniente de los rayos solares con el fin de prevenir un incremento en la temperatura promedio del lugar.

Implementación:

Desarrollar por lo menos el 50% del área de las zonas duras del colegio (incluyendo cubiertas), utilizando alguna de las siguientes opciones o la combinación de estas:

- Opción 1:  
Generar sombra sobre las superficies mediante el uso de elementos naturales tales como árboles.

La sombra generada por estos elementos debe ser calculada cuando el sol esté en una posición perpendicular al edificio (mediodía), y su cálculo se debe realizar basándose en la sombra que generaría el elemento 10 años después de su plantación.

**Ilustración 44. Sombra de árbol a mediodía, sobre zonas dura exterior – colegio en Valledupar**



- Opción 2:

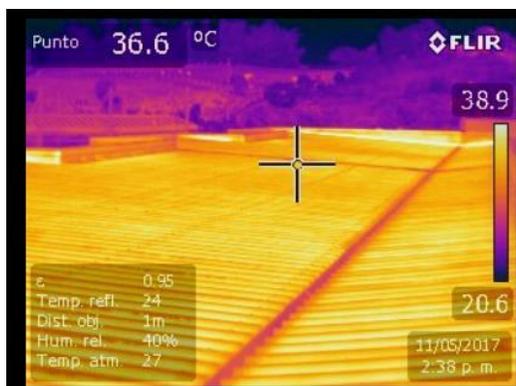
Instalar acabados de cubierta y acabados exteriores (primer piso y terrazas) con materiales de alto albedo (porcentaje de radiación reflejada respecto a la radiación incidente), de color claro o mediante el uso de cubiertas con vegetación.

Dentro de las estrategias aceptadas para cumplir con estas opciones están:

- Utilizar tecnologías de energías renovables para cubiertas.
- Instalar cubiertas vegetadas demostrando su eficiencia en el uso del agua y sin utilizar plantas invasoras.
- Utilizar adoquines huecos o porosos.
- Utilizar materiales de pavimentación con un SRI (*Solar Reflective Index*) entre 28 y 33 de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante o estudios de laboratorio.

- Utilizar materiales para cubiertas planas con un valor de SRI de mínimo 80, de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante o estudios de laboratorio.
- Utilizar materiales para cubiertas con una inclinación de más de 10 grados, con un valor de SRI de mínimo 40, de acuerdo a las especificaciones dadas por el fabricante o estudios de laboratorio.

#### **Ilustración 45. Ejemplo de mapa de calor de cubierta**



*Imagen tomada de: Comportamiento energético y confort en colegios (SES, 2017)*

*Los colores más cercanos al blanco indican una temperatura más elevada y aquellos más cercanos al morado una temperatura más baja.*

#### **Beneficios:**

- Prevención del incremento de la temperatura media del lugar.
- Conservación de las condiciones ambientales del lugar.
- Reducción de la carga a los sistemas de refrigeración del edificio.

#### **Referencias:**

- ASTM Standards E903 and E892: [astm.org](http://astm.org)
- Cool Roof Rating Council Standard: [coolroofs.org](http://coolroofs.org)

#### **3.3.8.6 Uso compartido de las instalaciones**

#### **Objetivo:**

Integrar al colegio con la comunidad facilitando el acceso a sus instalaciones para el desarrollo de actividades extracurriculares.

### Implementación:

Si bien el colegio está diseñado para el uso por parte de sus estudiantes, también es un lugar idóneo para el desarrollo de otras actividades comunitarias. Compartir las instalaciones del colegio trae consigo beneficios para la comunidad al reducir la necesidad de desarrollar nuevos espacios y por lo tanto ayuda a preservar zonas sin desarrollar; lo cual resulta en ahorros en presupuesto y reducción de la afectación del medioambiente.

Por lo mismo, existe un mayor beneficio cuando más de una organización comparte el costo de la construcción de un nuevo proyecto, pues se dividen los costos de construcción, operación y mantenimiento.

Para lograr lo anterior se sugiere que la institución educativa cuente con:

- Acceso a por lo menos tres de los siguientes espacios por parte de la comunidad: aula multiple, biblioteca, gimnasio, cafetería, uno o más salones de clase, zonas de juego y parqueaderos.
- El diseño debe contemplar que el desarrollo de las actividades por parte de la comunidad no interfieran con las actividades académicas del colegio.
- Se debe garantizar la seguridad para los estudiantes y demás ocupantes del edificio mediante sistemas de control de acceso y distribución del edificio, limitando los espacios a los cuales los visitantes tengan acceso.
- Accesos a baños en las áreas seleccionadas durante el horario extracurricular.

### Beneficios:

- Reducción de la necesidad del desarrollo de nuevas áreas para la construcción.
- Conservación del medioambiente.
- Generación de espacios para la comunidad.
- Uso eficiente de las instalaciones del colegio.

### Referencias:

N.A.

### **3.3.9 Seguridad**

El diseño de un colegio y la manera como responde a su entorno afecta altamente la seguridad tanto para los estudiantes, como para la comunidad en general. Las instituciones educativas deben crear un ambiente seguro al promover un diseño que permita vigilar fácilmente los espacios del colegio, reforzar el sentido de pertenencia del colegio, facilitar el control de acceso e implementar tecnologías que complementen y mejoren la seguridad en el colegio.

Estas estrategias, planteadas desde la fase de diseño, logran que los colegios tengan una mayor seguridad tanto al interior como en sus alrededores; reducen el vandalismo, el miedo de los estudiantes y por lo tanto mejorando su calidad de vida.

#### **3.3.9.1 Facilitar la vigilancia**

##### Objetivo:

Diseñar espacios interiores y exteriores que faciliten el control visual y físico, para mejorar la seguridad de los estudiantes.

##### Implementación:

- En el diseño se deben minimizar los espacios exteriores que no tengan control visual (puntos ciegos), y asegurar la visibilidad desde el interior de la edificación de parqueaderos, zonas de juego y entradas.
- Diseñar iluminación exterior que facilite la vigilancia en las horas de la noche.
- Diseñar puertas o ventanas que permitan ver los corredores sin afectar la concentración de los estudiantes.
- Se recomienda diseñar escaleras abiertas o con materiales que permitan tener control visual.
- Evitar puertas y rejas que generen espacios cerrados innecesarios, como puertas en baterías de baños.

#### **Ilustración 46. Evitar generar puntos ciegos en corredores y escaleras**

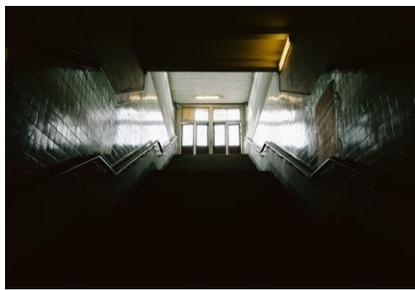


Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/stairwell-stairway-stairs-steps-691820/>, agosto de 2017

#### Beneficios:

- Mejora en la seguridad del colegio y sus alrededores.
- Mejora en la calidad de vida de los estudiantes.

#### Referencias:

- NTC 4595, capítulo 9.5 “Prevención de actos vandálicos” sección 9.5.1

### **3.3.9.2 Reforzar el sentido de territorio**

#### Objetivo:

Hacer evidentes los límites del plantel educativo, para que tanto los estudiantes como los profesores los puedan identificar, y de esta forma reforzar el sentido de pertenecía y territorio generando un mayor sentido de seguridad y bienestar.

#### Implementación:

- Demarcar claramente los límites del colegio con el fin de reafirmar el sentido de pertenencia de los ocupantes.
- Se recomienda diseñar cerramientos decorativos, barreras físicas y pavimentos o acabados de pisos especiales para demarcar los límites del colegio.
- Se recomienda diseñar los sitios comunales de los colegios, en especial los corredores con diseños que generen espacios acogedores y cálidos

#### Beneficios:

- Mejora en la seguridad del colegio y sus alrededores.
- Mejora en la calidad de vida de los estudiantes.

Referencias:

- N/A

**3.3.9.3 Control de acceso al colegio**

Objetivo:

Controlar el acceso al edificio mediante la implementación de sistemas que faciliten el control y la seguridad de los colegios.

Implementación:

- Se recomienda diseñar cerramientos decorativos para controlar el acceso al colegio.
- Limitar el número de entradas y garantizar el control visual desde el interior del colegio.
- Diseñar controles al interior del colegio, los cuales permitan dividir las áreas del edificio, cuando las instalaciones se utilicen fuera del horario de clases para actividades de la comunidad.

**Ilustración 47. Cerramiento en madera pintada**



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/wood-colorful-colors-sticks-1812384/> agosto de 2017

Beneficios:

- Mejora en la seguridad del colegio.

Referencias:

- NTC 4595, capítulo 9.5 “Prevención de Actos Vandálicos” sección 9.5.1

### **3.3.9.4 Integración del uso de tecnologías de seguridad**

#### Objetivo:

Complementar y mejorar la seguridad de los colegios implementando tecnologías que faciliten el control de los colegios tanto en su interior como en sus alrededores.

#### Implementación:

- Implementar el uso de cámaras de seguridad al exterior e interior del colegio.
- Implementar cerraduras de alta seguridad en áreas de riesgo de robo (sala de computo, laboratorios, oficinas, cafetería, etc.)
- Emplear tecnologías como detectores de metales en accesos u otras, según sea conveniente.
- Utilizar sensores de movimiento para iluminación artificial en espacios específicos donde se requiera reforzar la seguridad.

#### Beneficios:

- Mejora en la seguridad del colegio y sus alrededores.

#### Referencias:

- NTC 4595, capítulo 9.5 “Prevención de Actos Vandálicos” sección 9.5.2

## **4. CONSTRUCCIÓN**

### **4.1 Descripción general**

La etapa de construcción del colegio comprende un periodo breve de tiempo en relación con la duración de su operación. Esta fase comprende todas las actividades llevadas a cabo en el lugar, desde las primeras intervenciones sobre el terreno, hasta cuando se da por terminada la última tarea previa a la entrada en operación de la institución educativa.

A pesar de su relativamente corta duración, es de gran intensidad en lo que refiere al uso de recursos y tiene un alto potencial de contaminación por su manipulación de estos. Por tales motivos, se debe procurar un especial cuidado en su manejo para prevenir una potencial contaminación del medioambiente o una afectación de la salud del personal de obra.

### **4.2 Estrategias para el desarrollo sostenible de la construcción**

Durante la construcción, las estrategias de sostenibilidad se centran en (i) prevenir la afectación del lugar en el cual se está desarrollando el colegio, (ii) dar un adecuado manejo a los materiales y recursos utilizados durante la construcción, y (iii) garantizar unas condiciones ambientales adecuadas para los trabajadores encargados de la construcción del colegio y para los futuros ocupantes.

Para ello, existen diferentes estrategias enfocadas a hacer del proceso constructivo lo más eficiente, seguro y limpio posible, fomentando la conservación del medioambiente, previniendo problemas de salud para los trabajadores, reduciendo los costos de construcción del colegio y minimizando el impacto sobre la población local. Cabe aclarar que las estrategias a implementar pueden ser diferentes para colegios situados en zonas rurales y urbanas, dadas las afectaciones causadas por la variación entre los entornos, para lo cual es necesario llevar a cabo una evaluación de cada lugar en particular antes de determinar las estrategias pertinentes. Se recomienda la implementación de las siguientes estrategias:

### **4.2.1 Desarrollo sostenible del lugar**

Una parte importante del manejo de las prácticas sostenibles de construcción consiste en minimizar su impacto potencial en el lugar en el cual se va a situar. Para esto, se sugiere la implementación de:

#### **4.2.1.1 Control de erosión, escorrentías y sedimentación durante la construcción**

##### Objetivo:

Reducir el impacto negativo que genera la erosión en la calidad del agua y aire durante la construcción.

##### Implementación:

La erosión se produce cuando el viento y el agua lluvia arrastran el suelo que no se ha protegido durante las actividades de descapote y movimientos de tierra, así como otros materiales de construcción, como arena, los cuales no son contenidos y controlados en el sitio de obra, y afectan negativamente la calidad de los cuerpos de agua y aire cercanos a la obra.

Para el control de erosión, escorrentías y sedimentación durante la fase constructiva se recomienda implementar dentro de las actividades un plan de control y seguimiento con estrategias específicas para cada lugar y proyecto, como por ejemplo:

- Antes del inicio de la obra realizar una inspección del sitio para determinar las áreas propensas a generar erosión y sedimentación, para determinar cuáles estrategias se deben implementar.
- Mantener en lo posible la capa vegetal del sitio durante la obra, almacenando la que se retire para su reutilización cuando sea posible.
- Construir un cerramiento perimetral desde el suelo a una altura mínima de 2.10 m, el cual contenga agua de escorrentía y las partículas sólidas del aire.
- Mantener protegidas con barreras tipo mallas, poli-sombra, sacos de arena o similares, las estructuras o cuerpos de agua (alcantarillas, ríos, lagos, etc.) cercanas a la obra.

- En los accesos de vehículos pesados se deben utilizar lava-llantas previo a la salida de los vehículos.
- Los vehículos que transporten material particulado para la obra o desde la obra deberán mantener el material cubierto y no mayor al nivel superior de carga.
- Se debe hacer limpieza de las vías adyacentes a la obra por lo menos una vez al día y su frecuencia se puede incrementar según el estado de la obra (ej. excavaciones) y/o las condiciones climáticas.
- En las actividades de excavación, demolición, corte de material y limpieza se deben controlar los sólidos en suspensión a través del riego mecánico.
- Construir sedimentadores para el control dentro del sitio de obra.
- Para el mantenimiento de estas estructuras se deben realizar inspecciones frecuentes según el estado de la obra y se debe capacitar al personal sobre sus objetivos y funcionamiento.

#### **Ilustración 48. Ejemplo de actividad de excavación**



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/excavators-site-vehicle-800996/>, agosto de 2017

#### **Beneficios:**

- Reducción de erosión.
- Reducción en la contaminación de cuerpos de agua y aire.

#### **Referencias:**

- Resolución 631 de 2015 Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible
- Resolución 932 de 2015 Secretaría Distrital de Ambiente

#### **4.2.1.2 Mano de obra local para la construcción**

##### Objetivo:

Lograr el empoderamiento de la comunidad hacia el colegio por medio del uso de mano de obra local.

##### Implementación:

Se recomienda recurrir a mano de obra local para el desarrollo del colegio, lo cual no solamente reduce los costos de construcción, sino que fomenta un sentido de pertenencia de la comunidad hacia el colegio.

##### Beneficios:

- Reducción de los costos de construcción.
- Empoderamiento de la comunidad hacia el colegio.

##### Referencias:

N.A.

#### **4.2.2 Materiales y recursos**

Los materiales e insumos necesarios para la construcción y operación del colegio juegan un papel importante en cuanto a la sostenibilidad del mismo.

No solamente se debe hacer una adecuada selección de los materiales a utilizar para la construcción del colegio, sino que adicionalmente se debe realizar un adecuado seguimiento a la manera en que estos son empleados durante el proceso constructivo para minimizar el desperdicio y la contaminación generada en su manipulación. Como resultado de dicho proceso, se reduce el impacto ambiental, los riesgos para la salud del personal de obra y se optimiza el uso de recursos al reducir sobrecostos de la compra de material.

A continuación, se mencionan las estrategias aplicables a los colegios para el manejo de materiales y recursos durante la construcción:

#### **4.2.2.1 Control y disposición de residuos de construcción y demolición**

##### Objetivo:

Reducir la cantidad de residuos de construcción y demolición que se disponen a rellenos sanitarios y/o incineración, con el propósito de aminorar la demanda de recursos para la elaboración de nuevos materiales y mitigar la demanda de espacio en rellenos sanitarios. Se recomienda que la reducción sea de mínimo el 30% por peso del total de residuos generados por la obra, sin incluir movimientos de tierra, ni materiales clasificados como peligrosos (ej. asbesto, combustibles, etc.)

##### Implementación:

Para cumplir el objetivo de reutilizar, reciclar y desviar los residuos de construcción de rellenos sanitarios e incineración, se recomienda implementar un plan de clasificación y control de residuos de construcción desde el inicio de la obra y mediante la capacitación de contratistas y sub-contratistas con los objetivos del plan durante todo su desarrollo. Para los desechos que no puedan ser pesados en obra, se estima su volumen y densidad para asignarles un peso equivalente.

El plan debe contener como mínimo:

- Identificación del tipo de desecho (ej. cartón, metal, ladrillo, concreto, plástico, madera limpia, vidrio, yeso, etc.) que producirá el desarrollo de la obra, con el fin de identificar previamente su manejo y disposición.
- Establecimiento de las estrategias y procesos de reciclaje/reutilización para cada material.
- Determinación de los materiales a reutilizar en la obra y aquellos que serán vendidos o donados para reciclaje (ej. metal) o reuso fuera de la obra.
- Detalle del área específica en la obra para la clasificación y recolección de los materiales.
- Plan de comunicación con contratistas y sub-contratistas para la implementación de la estrategia.

- Documentación de la gestión de los residuos, formatos de control y soportes de manejo de los desechos (ej. facturas con la descripción del material, el peso y fotografías fechadas).
- Proceso para verificar que el gestor(es) de los residuos estén debidamente autorizados para su disposición por la autoridad ambiental competente.

#### **Ilustración 49. Clasificación de residuos de construcción y demolición**



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/building-rubble-debris-site-319986/>, agosto de 2017

#### Beneficios:

- Reducción de la cantidad de residuos de construcción destinados a rellenos sanitarios y quema.
- Reducción de la demanda de recursos para la elaboración de nuevos materiales y reducción en la demanda de espacio en rellenos sanitarios.

#### Referencias:

- Resolución 472 de 2017 “Por la cual se reglamenta la gestión integral de los residuos generados en las actividades de construcción y demolición – RCD y se dictan otras disposiciones” del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible.
- Resolución 541 de 1994 “por medio de la cual se regula el cargue, descargue, transporte, almacenamiento y disposición final de escombros, materiales, elementos, concretos y agregados sueltos, de construcción, de demolición y capa orgánica, suelo y subsuelo de excavación” del Ministerio del Medio Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, además de sus modificaciones y/o adiciones.

- Resolución 754 de 2014 “por la cual se adopta la metodología para la formulación, implementación, evaluación, seguimiento, control y actualización de los Planes de Gestión Integral de Residuos Sólidos”
- Decreto 357 de 1997 “por el cual se regula el manejo, transporte y disposición final de escombros y materiales de construcción” de la Alcaldía Mayor de Bogotá, además de sus modificaciones y/o adiciones.
- Resolución 932 de 2015 “por la cual se Modifica y Adiciona la Resolución 1115 de 2012” de la Secretaría Distrital de Ambiente, además de sus modificaciones y/o adiciones.

#### **4.2.2.2 Manejo de inventarios**

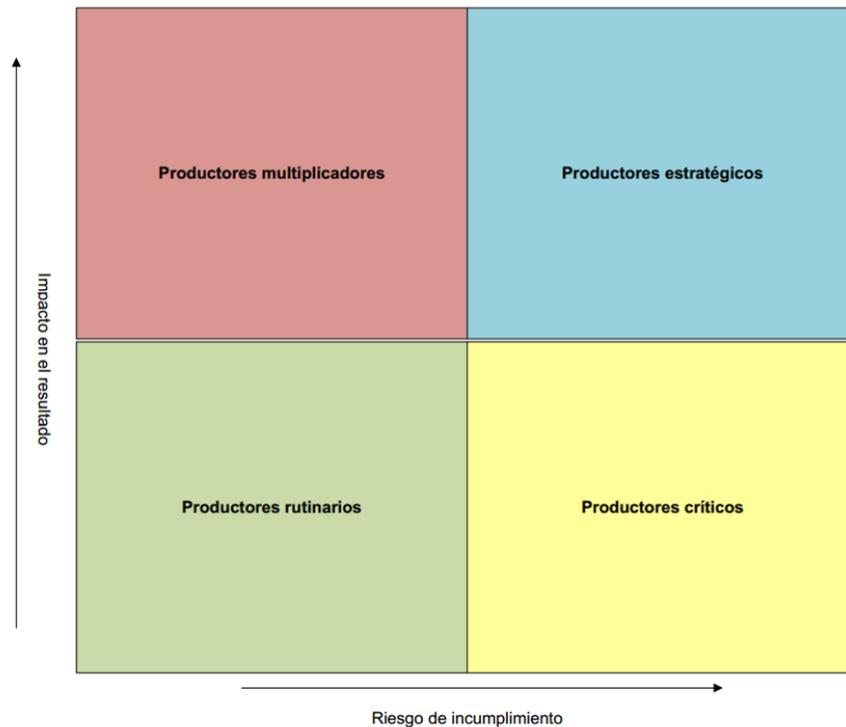
##### Objetivo:

Optimizar los procesos de compra de materiales, almacenamiento en obra y coordinación con la ejecución de la obra en el suministro de materiales.

##### Implementación:

Antes de iniciar el proceso de construcción se recomienda generar un plan de compras por parte del contratista de construcción, donde se identifiquen y clasifiquen los materiales necesarios para la construcción del colegio con la ayuda de la siguiente matriz:

**Ilustración 50. Matriz del modelo Kraljic**



1. Materiales (productos) multiplicadores: son aquellos con un impacto importante en el desarrollo de la obra (ej. concreto, acero, mampostería), los cuales permiten abrir frentes de trabajo. Para estos materiales se debe buscar la mayor cantidad de proveedores a fin de obtener disponibilidad y precios más favorables (por competencia directa).
2. Materiales (productos) rutinarios: aquellos que, aunque son necesarios, no se necesita almacenar en grandes cantidades en la obra (ej. tuberías, tomas eléctricas, cemento) y de esta forma se pueden almacenar con un proveedor, lo cual permite ahorrar espacio en la obra y mejorar el flujo de caja de las compras. Para estos materiales se deben buscar proveedores cercanos a la obra que puedan hacer el bodegaje y garanticen el suministro constante.
3. Materiales (productos) críticos: materiales que por sus características técnicas y componentes especializados cuentan con un limitado número de proveedores (ej. transformadores eléctricos, blindo barras, bombas de agua), los cuales en caso de demoras en la entrega derivarán en atrasos en la obra. Para estos productos se

recomienda hacer las órdenes de compra de forma anticipada para reducir el riesgo de atrasos en el cronograma; por lo mismo, para estos materiales si se justifica hacer el bodegaje en la obra.

4. Materiales (productos) estratégicos: materiales de alto impacto en la construcción de los colegios y también en la operación de los mismos. Los proveedores son limitados y son productos que regularmente necesitan mantenimiento especializado (ascensores, sistemas de iluminación, sistemas de aire acondicionado), por lo tanto, es importante establecer alianzas estratégicas o acuerdos de exclusividad, para tener mejores precios y servicios adicionales como garantías extendidas.

Con esta clasificación en la matriz de los materiales se podrá elaborar un plan de compras hecho a la medida de cada proyecto y ubicación, identificando ahorro en materiales, costo de bodegaje, retrasos en obra y manejo de proveedores claves para un desarrollo eficiente del proyecto.

Este plan de compras se debe actualizar frecuentemente para que este alineado con el cronograma de obra y de esta forma se logre optimizar el proceso con los cambios eventuales del proyecto.

Como parte del plan de compras se debe buscar que los proveedores de los diferentes insumos cuenten con un buen respaldo local.

Beneficios:

- Reducción en costos de materiales, costos de bodegaje, costos administrativos y costos por retrasos en la obra.
- Mejora en el flujo de caja de los proyectos.

Referencias:

- Modelo Kraljic – Portafolio de Compras.

### **4.2.3 Calidad del ambiente interior**

Si bien, en términos de calidad del ambiente, los diseños del colegio se enfocan en proveer al edificio con una adecuada calidad ambiental durante su operación, también es importante promover una apropiada calidad durante el proceso de constructivo, lo cual reduce los riesgos para la salud del personal de obra y por lo tanto deriva en una mayor productividad, y una reducción en los sobrecostos generados por demoras en el proceso o por incapacidades del personal.

A continuación, se presentan las estrategias aplicables para garantizar una adecuada calidad del ambiente interior durante el proceso constructivo del colegio:

#### **4.2.3.1 Plan de manejo de la calidad del aire durante la construcción**

##### Objetivo:

Reducir la contaminación del aire durante la etapa de construcción para promover el bienestar de los trabajadores de la obra y los ocupantes del colegio.

##### Implementación:

Para cumplir el objetivo de controlar la contaminación del aire durante el proceso de construcción de los colegios, se recomienda elaborar e implementar un plan de calidad del aire durante la construcción. El plan debe tener en cuenta como mínimo:

- Identificar y controlar las fuentes de contaminación de aire al interior del proyecto durante la obra (ej. pinturas, pegantes, arena, etc.). Para los materiales con altos contenidos de compuestos orgánicos volátiles (COVs) se deben mantener cerrados en sus envases cuando no se estén utilizando; los materiales como arenas, gravas y cemento deben ser protegidos del viento y humedad; el corte de materiales como ladrillos y cerámicas debe ser previamente humedecido y efectuado en un lugar contenido, y cuando se realicen actividades de aseo se debe rociar agua para no esparcir material particulado.
- Protección de equipos y ductos del sistema de ventilación antes, durante y después de la instalación.

- Cuidado de los materiales absorbentes y porosos (láminas de *drywall*, fibra mineral, alfombra, etc.) de la humedad antes, durante y después de la instalación, para evitar su contaminación. Si se presentan hongos (moho) se debe evitar su instalación.
- Prohibir fumar dentro del lugar de construcción.
- Interrupción de medios de contaminación con la instalación de barreras físicas en los espacios terminados del colegio para evitar su contaminación. Las fuentes de contaminación (ej. pegantes, pinturas, etc.) se deben almacenar lo más retirado posible del edificio, y durante la aplicación de materiales con altos contenidos de COVs en lo posible se debe utilizar la ventilación natural.
- Aseo y limpieza diaria para mantener las áreas limpias y secas, y evitar acumulación de agua.
- Definir roles y responsables para la implementación del plan.
- Plan de comunicación con contratistas y sub-contratistas para la implementación de esta estrategia.

#### **Ilustración 51. Mantener limpia la obra a diario**



Imagen tomada de: <https://pixabay.com/en/broom-wall-clean-children-s-broom-2403669/>, agosto de 2017

#### Beneficios:

- Reducción de la contaminación del aire en el colegio.
- Mejora el bienestar de los trabajadores de la obra y futuros ocupantes del colegio.

#### Referencias:

- N.A.

## **5. OPERACIÓN**

### **5.1 Descripción general**

La operación de un colegio comprende el periodo de tiempo desde el cual este entra en funcionamiento hasta que se determina dar fin a su vida útil. Por tal motivo esta etapa además de ser la más larga dentro del ciclo de vida del colegio, es también aquella que consume la mayor cantidad de recursos. Debido a ello, en la etapa de operación las condiciones de habitabilidad deben ser las mejores posibles y los diferentes sistemas del colegio deben funcionar óptimamente.

Para garantizar lo anterior es recomendable que el colegio sea evaluado constantemente para corroborar que el edificio se esté desempeñando lo más cercano posible a lo presupuestado en la etapa de diseño. Pues si bien los diseños se desarrollan bajo unos supuestos que pretenden la mayor similitud a la realidad, no pueden ser completamente acertados debido a la imprevisibilidad de diversos factores como el clima, el comportamiento de los ocupantes o los horarios de trabajo; se puede estimar la cantidad de veces que una persona usa el baño, pero no se puede saber a ciencia cierta cuantas veces lo usará cada uno de los ocupantes, se puede estimar el comportamiento del clima, pero no se pueden predecir los cambios, y se puede hacer un horario de uso estimado para cada espacio, pero no se pueden saber los cambios que se van a presentar a lo largo del tiempo. Al mismo tiempo, los diseños estiman un desempeño aproximado de los diferentes sistemas del colegio (ventilación, iluminación, climatización, etc.) pero este puede verse afectado por factores como el desgaste, la calibración de los equipos o en su correcto uso.

Siendo así, es necesario llevar a cabo diferentes procesos por medio de los cuales se logre que el colegio funcione con un desempeño lo más cercano posible a lo plasmado y que garantice una adecuada calidad del ambiente interior para los ocupantes.

### **5.2 Objetivos de sostenibilidad**

Mantener el óptimo funcionamiento del colegio en términos de consumo de agua y energía, así como una adecuada calidad del ambiente interior en sus diferentes espacios y el adecuado funcionamiento de las estrategias de compras de materiales y manejo de desechos.

### 5.3 Estrategias para una operación sostenible de los colegios

Se sugiere la implementación de las siguientes estrategias, las cuales se enfocan en ayudar a lograr el cumplimiento de los objetivos mencionados anteriormente:

**Ilustración 52. Estrategias para la operación sostenible del colegio**

<b>Operación.</b>
Evaluación comparativa del colegio.
Evaluación del desempeño térmico del colegio.
Evaluación del desempeño de la iluminación del colegio.
Evaluación del desempeño acústico del colegio.
Energía.
Agua.
Manejo de residuos reciclables o reutilizables.
Compras sostenibles.

#### **5.3.1 Evaluación comparativa del colegio**

Objetivo:

Poner en contexto al edificio mediante su comparación con edificaciones similares para evaluar su desempeño.

Implementación:

Con el objetivo de determinar el desempeño de un colegio en particular en relación con similares, se recomienda la implementación de una evaluación comparativa, al cual se basa en relacionar aspectos particulares mediante el uso de indicadores de desempeño. Para llevar

a cabo este procedimiento es necesario confrontar instituciones educativas en las mismas condiciones térmicas. De igual forma, para el consumo de energía y/o agua también es necesario cotejar los resultados con los valores puntualizados en la Resolución 549 de 2015 para la línea base de consumo según clima y tipo de edificación.

Para llevar a cabo esta evaluación es primordial definir las siguientes dos variables:

- Determinar el aspecto a evaluar: seleccionar que aspecto del edificio va a ser comparado (usualmente se verifica el desempeño energético o el consumo de agua, pero también se pueden revisar aspectos como la cantidad de espacio disponible, el costo de construcción o el desempeño de los estudiantes).
- Determinar el indicador a utilizar: determinar una unidad de medida para cuantificar el desempeño y poder comparar colegios a pesar de sus diferencias. Para el caso del consumo de energía se suele utilizar el uso de energía por área (kWh/m<sup>2</sup>) o el uso de energía por ocupante por año (kWh/persona/año), y para el caso del consumo de agua se acostumbra utilizar el consumo de agua por persona por día (litro/persona/día).

Mediante la comparación de estos valores es posible identificar casos en los cuales el desempeño en uno o más aspectos particulares estén por fuera del promedio. Con ello es posible identificar las instituciones con un bajo desempeño, las cuales deben ser intervenidas para lograr una mejoría o, por el contrario, aquellas con un desempeño por encima del promedio, las cuales deben ser evaluadas para identificar la forma en que logran ser más eficientes como caso de éxito para replicar en otros colegios.

La evaluación comparativa también incluye la medición del desempeño del colegio en relación con la línea base establecida por la Resolución 549 de 2015 posibilitando la verificación del cumplimiento de la norma.

Para el caso de los colegios públicos de jornada única, se sugiere desarrollar una comparación entre los diferentes colegios que se ubiquen a nivel nacional dentro de un mismo piso térmico.

#### Beneficios:

- Facilita la identificación de problemas de desempeño de los colegios.

- Facilita identificar estrategias para optimizar el desempeño de los colegios.

Referencias:

- N.A.

**5.3.2 Evaluación del desempeño térmico del colegio**

Objetivo:

Proveer la mejor calidad ambiental al interior del colegio mediante el monitoreo del confort térmico.

Implementación:

Se recomienda llevar a cabo un monitoreo de las condiciones interiores de los diferentes espacios del colegio para evaluar que la temperatura y los niveles de humedad sean los adecuados para el desarrollo de las actividades para los cuales cada espacio fue diseñado, así como para la conservación de la integridad del edificio.

Se sugiere hacer mediciones de la temperatura de cada espacio con intervalos de 15 minutos con el fin de encontrar anomalías o valores por fuera de los rangos establecidos para cada espacio (estos valores varían dependiendo del clima en el cual se encuentre ubicado el colegio y el uso que se le dé al espacio).

Adicionalmente, se sugiere desarrollar una encuesta entre los ocupantes de los diferentes espacios del colegio para conocer su satisfacción en relación con la temperatura.

Con el uso de la información obtenida de las evaluaciones se pueden ajustar los sistemas que regulan la temperatura de cada espacio para satisfacer así las demandas de los ocupantes.

Beneficios:

- Facilita la detección de problemas de temperatura al interior del colegio.
- Permite mantener al colegio operando dentro de unos rangos óptimos de temperatura.

### Referencias:

- N.A.

### ***5.3.3 Evaluación del desempeño de la iluminación del colegio***

#### Objetivo:

Proveer la mejor calidad ambiental al interior del colegio mediante el monitoreo de los niveles de iluminación.

#### Implementación:

La medición de los niveles de iluminación del colegio se debe centrar en dos aspectos principales: (i) en que los niveles de iluminación sean adecuados para el uso que se le está dando al espacio, y (ii) que la iluminación no esté generando problemas de deslumbramiento (perdida momentánea de la visión producida por el exceso de luz).

Para la medición de los niveles de iluminación se debe medir la intensidad de la luz en los diferentes espacios a lo largo del día por medio del uso de un luxómetro (los niveles de luz adecuados se especifican en la NTC4595).

Como resultado de la subjetividad en la percepción del brillo, se sugiere identificar problemas existentes relacionados por medio de encuestas realizadas a los estudiantes y demás ocupantes de los diferentes espacios del colegio, y en caso de detectar problemas se debe dar solución a estos por medio del control de las fuentes de luz o modificando la reflectividad de las superficies.

#### Beneficios:

- Facilita la detección de problemas de deslumbramiento (perdida momentánea de la visión producida por el exceso de luz) dentro del colegio.
- Permite mantener al colegio operando dentro de unos rangos óptimos de iluminación.

### Referencias:

- NTC 4595.

### 5.3.4 Evaluación del desempeño acústico del colegio

#### Objetivo:

Proveer la mejor calidad ambiental al interior del colegio mediante el monitoreo de los niveles de ruido.

#### Implementación:

Se recomienda llevar a cabo una medición de los niveles de ruido al interior de los diferentes espacios del colegio para determinar si estos exceden los límites impuestos para cada uso por la NTC 4595.

**Tabla 22. Rangos óptimos de intensidad del sonido (ICONTEC, 2015)**

<b>Ambientes (Recintos sin ocupar)</b>	<b>Rango de intensidad de sonido, en dB(A)</b>	<b>Caracterización</b>
<b>Laboratorios para idiomas</b>	<b>20 a 25</b>	<b>Silencio</b>
<b>Ambientes B y F para música y dormitorios</b>	<b>35 a 40</b>	<b>Silencio</b>
<b>Ambientes A y C en laboratorios</b>	<b>40 a 45</b>	<b>Conversación en voz baja</b>
<b>Ambientes C en Artes y Oficinas</b>	<b>45 a 50</b>	<b>Conversación en voz baja</b>
<b>Ambientes C tecnología, D, E, F baños y depósitos</b>	<b>Hasta 60</b>	<b>Voz humana en público</b>

**Tabla 23. Clasificación de ambientes (ICONTEC, 2015).**

<b>Ambiente</b>	<b>Tipo de espacio</b>
A	Preescolar / Transición
	Básica Primaria (con rotación)
	Básica Primaria (sin rotación)
	Básica Secundaria y Media (con rotación)
	Básica Secundaria y Media (sin rotación)
	Especial
B	Centro de recursos (incluye biblioteca, ayudas educativas y ambiente de aprendizaje de lengua extranjera)
C	Laboratorio integrado
	Aula tecnología e innovación
	Taller de artes
	Taller especializado
D	Cancha multiuso (descubierta)
E	Circulaciones, incluye extensiones y otros (con rotación) hasta 50%
	Circulaciones, incluye extensiones y otros (sin rotación) hasta 50%
F	Aula múltiple (cafetería)

Para ello se sugiere la medición de los niveles de sonido dentro de cada espacio a lo largo de una jornada típica para determinar si existen problemas de ruido y la causa de los mismos. En caso de encontrarse niveles de ruido por encima de los valores aceptables se debe identificar la fuente del sonido para aislarla y tomar acciones correctivas.

**Beneficios:**

- Facilita la detección de problemas de ruido dentro del colegio.

**Referencias:**

- NTC 4595.

**5.3.5 Energía**

**Objetivo:**

Garantizar el óptimo funcionamiento de los diferentes sistemas que utilicen energía en el colegio para minimizar su desperdicio y maximizar su vida útil.

### Implementación:

Un adecuado seguimiento del funcionamiento de los diferentes sistemas del edificio permite garantizar una operación óptima. Entre estos sistemas se incluyen:

- Red de iluminación: luminarias, interruptores, sensores.
- Sistema de ventilación (si existe algún sistema mecánico para la ventilación del edificio).
- Red hidrosanitaria: bombas de agua.
- Electrodomésticos.

Este seguimiento debe cumplir con:

- Revisión periódica del adecuado funcionamiento de los diferentes sistemas del colegio.
- Mantenimiento preventivo de los diferentes equipos que utilicen energía en el colegio.
- Calibración de los equipos para garantizar un funcionamiento eficiente de estos.

### Beneficios:

- Reducción de los costos operativos del colegio.
- Maximización de la vida útil de los diferentes sistemas del colegio.
- Reducción de gastos por reparaciones.
- Uso eficiente de la energía.

### Referencias:

- N.A.

### **5.3.6 Agua**

#### Objetivo:

Garantizar el óptimo funcionamiento de las redes hidráulicas tanto de abastecimiento como de desagüe para optimizar el consumo de agua y garantizar un óptimo tratamiento de las aguas residuales para su reutilización o disposición final.

### Implementación:

Para garantizar un adecuado funcionamiento del sistema de abastecimiento, reutilización y disposición del agua en el colegio es necesario llevar a cabo una interventoría constante, en la cual se recomienda:

- Evaluar el funcionamiento de los diferentes componentes de los sistemas de manejo de agua.
- Realizar mantenimiento preventivo a los diferentes componentes de los sistemas de manejo de agua.
- Calibrar los equipos para garantizar un funcionamiento eficiente de estos.

### Beneficios:

- Prolongación de la vida útil del sistema hidrosanitario.
- Reducción en el consumo de agua del colegio.
- Reducción en los gastos operativos relacionados al consumo de agua y a la reposición de equipos dañados.
- Reducción del impacto ambiental del colegio.

### Referencias:

- N.A.

## **5.3.7 Manejo de residuos reciclables o reutilizables**

### Objetivo:

Garantizar el adecuado funcionamiento del plan de manejo de desechos y reducir la cantidad de desechos generados por los ocupantes del colegio.

Dar un adecuado manejo a los desechos reciclables o reutilizables del colegio con el fin de permitir la clasificación de estos y el reciclaje o reutilización de la mayor cantidad posible.

### Implementación:

Se requiere de un monitoreo constante del funcionamiento del sistema de recolección y almacenamiento de desechos del edificio con el fin de garantizar su óptima operación y evitar

que materiales con el potencial de ser reutilizados sean desechados como material no reutilizable.

Para esto el colegio debe:

- Desarrollar campañas de concientización entre los estudiantes, promoviendo la clasificación de los desechos para su reciclaje.
- Hacer mantenimiento periódico a los espacios designados para la recolección y almacenamiento de los desechos generados en el colegio.
- Hacer una revisión periódica del estado de los contenedores de desechos, así como de su adecuada señalización para facilitar la clasificación.

Beneficios:

- Reducción de la cantidad de desechos generados por el colegio.
- Reducción del impacto ambiental generado por la producción de desechos.

Referencias:

- NTC GTC 24 de 2019 “Gestión ambiental. Residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente”.

### **5.3.8 Compras sostenibles**

Objetivo:

Garantizar que los insumos adquiridos por el colegio para su operación diaria provengan de fuentes sostenibles y que estos sean eficientes en su operación.

Implementación:

El proceso de compra de los diferentes insumos requeridos para la operación del colegio requiere de la adquisición de diversos tipos de productos y materiales clasificables en varias categorías como: papelería, jabones, pinturas, químicos (para laboratorios escolares), etc. Por consiguiente, se recomienda adoptar una política de compras sostenibles, la cual garantice que, al momento de hacer una compra se deba garantizar el menor impacto posible a nivel ambiental, económico y social de dichos productos.

Se sugiere que los colegios busquen comprar insumos que cuenten con una certificación que permita determinar y conocer su impacto.

Adicionalmente, en el caso de los electrodomésticos, se debe procurar adquirir aquellos con una mayor eficiencia, tal y como se explica en la sección 2.3.3.2.4.

A continuación, se presentan algunos métodos para la selección de productos y materiales:

- Análisis de Ciclo de Vida

Un primer método de medición del impacto del producto o material es el análisis de ciclo de vida, el cual presenta el impacto que se generan durante la extracción, manufactura, distribución, utilización y disposición final. Debido a que las dos últimas (utilización y disposición final) dependen del comprador, las empresas de manufactura certifican solamente las primeras tres etapas, las últimas son dejadas en manos del comprador el cual es responsable del manejo que se le dé al producto o material. La norma ISO 14040 establece la medición de los impactos para el ciclo de vida completo y la ISO 14044 la medición de los impactos de las primeras tres etapas por parte de la empresa de manufactura.

La información contenida en un análisis de ciclo de vida permite conocer los impactos económicos, sociales y ambientales. Información valiosa la cual permite seleccionar insumos de bajo impacto o con un impacto por debajo del promedio en su categoría.

- Declaración Ambiental de Producto

De ser posible, se sugiere que más allá de utilizar la información del Ciclo de Vida de un producto o material al momento de hacer una compra, se pretenda que los mismos cuenten con una Declaración Ambiental de Producto (o *Environmental product declaration*, EPD).

Estas declaraciones manifiestan el impacto ambiental de cada producto, sus efectos asociados al sistema de producción, la extracción de materiales, el uso de energía, la composición química, la generación de residuos y las emisiones generadas hacia el aire, la tierra y el agua.

A diferencia de los Análisis de Ciclo de Vida, en las DAP se presentan tanto los aspectos positivos como los negativos de cada producto o material, lo cual permite hacer una

comparación más completa mediante un análisis desarrollado específicamente para la categoría en la cual este clasificado. Adicionalmente, las DAP tienen la ventaja de ser emitidas por un tercero, quien verifica la información suministrada por la empresa de manufactura. Existen diferentes DAP pero se recomienda que se utilicen aquellos que sigan los estándares ISO, regidos bajo la norma ISO 14025 que en Colombia existe bajo el nombre de Etiquetas y Declaraciones Ambientales.

Al hacer uso de estas declaraciones se puede hacer una comparación de productos similares y seleccionar los que tengan un menor impacto. En todos los casos, al igual que con los análisis de ciclo de vida, se debe procurar que los productos seleccionados tengan un impacto por debajo del promedio para su categoría.

- Uso de materiales locales y manufactura nacional

En caso de no poder obtener un certificado de análisis de ciclo de vida o declaración ambiental del producto, se recomienda el uso de materiales locales y de manufactura nacional. Los cuales al ser producidos dentro del territorio nacional tienen un menor impacto derivado de los tiempos y distancias de traslado que los productos importados.

- Componentes tóxicos y/o nocivos

Así mismo, se recomienda cerciorarse que los materiales e insumos adquiridos por el colegio, en la medida de lo posible, no sean sólo provenientes de fuentes sostenibles, sino que a su vez no contengan elementos tóxicos que puedan resultar perjudiciales para los ocupantes del edificio o para el medioambiente durante su utilización o al ser desechados.

- Relevancia para los colegios

En los colegios esto es de vital importancia debido a la gran cantidad y variedad de productos adquiridos a lo largo de la operación del edificio. Al sumar la totalidad de los materiales y productos comprados durante la operación se alcanza una reducción significativa del impacto ambiental, económico y social.

- Recomendaciones específicas

Teniendo en cuenta el funcionamiento particular de los colegios, se recomienda seguir los procedimientos mencionados anteriormente teniendo un especial cuidado en algunos puntos:

- Comprar papel para copias, así como suministros de papelería (cuadernos, folders, separadores, etc) y suministros de oficina, con contenido reciclado.
- Para la dotación del colegio hacer compra de equipos y electrodomésticos eficientes, con sellos que demuestren su eficiencia tal como se menciona en el capítulo de diseño 2.3.3.2.4 “Uso de electrodomésticos eficientes”.
- Adoptar una política de compras sostenibles.

Beneficios:

- Reducción del impacto ambiental del colegio derivado de la producción de insumos para su operación.
- Reducción de los riesgos de salud para los ocupantes del colegio a causa del uso de elementos tóxicos o nocivos.

Referencias:

- Estándar ISO 14021 de 1999. Environmental Labels and Declarations – Self Declared Claims (Type 2 – Environmental Labeling).
- Estándar ISO 14025 de 2006. Environmental Labels and Declarations (Type 3 Environmental Declarations – Principles and Procedures).
- Estándar ISO 14040 de 2006. Environmental Management, Life Cycle Assessment Principles, and Frameworks.
- Estándar ISO 14044 de 2006. Environmental Management, Life Cycle Assessment Requirements, and Guidelines.
- Estándar ISO 21930 de 2007. Sustainability in Building Construction – Environmental Declaration of Building Products.

## 6. BIBLIOGRAFIA

- Aulas Verdes. (2017). Alianza por la sostenibilidad en la educación en Colombia. [www.aulasverdes.co](http://www.aulasverdes.co)
- BRE-Global. (2016). BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) International New Construction 2016. In.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS). (2016). Documento Técnico Referencial CASA Colombia. In. Colombia.
- CHPS. (2006). (The Collaborative for High Performance Schools) High Performance Schools Best Practices Manual. Volume I: Planning [and] Volume II: Design [and] Volume III: Criteria. In.
- CIBSE. (2015). (Chartered Institution of Building Services Engineers) Guide A: Environmental Design. In (Eighth ed.): CIBSE Publications London, UK.
- HKGBC. (2013). (Hong Kong Green Building Council) Hong Kong Green School Guide. In.
- ICONTEC. (2015). (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación) Norma Técnica Colombiana - NTC 4595, Planeamiento y Diseño de Instalaciones y Ambientes Escolares. In.
- IFC. (2015). (International Finance Corporation) Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. In.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Resolución 549 de 2015. In.
- SES. (2017). (Soluciones Energéticas Sostenibles) Comportamiento energético y confort en colegios. In.
- USGBC, Reference Guide for Building Design and Construction (v4), U.S. Green Building Council (USGBC), 2014. In.

## **7. ANEXO 1. HERRAMIENTA PARA EL CÁLCULO AHORRO ENERGÉTICO**

En el desarrollo de esta Guía se estructuró una hoja de cálculo en Excel “Ahorro energético en colegios” para poder ayudar a estimar el ahorro energético en esta infraestructura según los diseños planteados en cada etapa de esta Guía. Se sugiere usarla como referencia en el caso de que no se puedan realizar las modelaciones energéticas recomendadas.

\* \* \*