

GUÍA 4

Guía para el diseño de
edificaciones sostenibles.



Universidad
Pontificia
Bolivariana

GUÍAS DE
CONSTRUCCIÓN
SOSTENIBLE



Guías de Construcción Sostenible

Un proyecto del:

Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Hernán Darío Elejalde López, Director
Ana Milena Joya Camacho, Subdirectora ambiental

Universidad Pontificia Bolivariana

Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda, Rector
Alexander González Castaño, Coordinador grupo LEET Facultad de Arquitectura

Equipo técnico

Guillermo León Penagos García, Director del proyecto
Catalina Morales Maya, Profesional Asistente en Arquitectura y Urbanismo
María Victoria Valencia Morales, Profesional Asistente en Recurso Hídrico y Huella de Carbono
Alexander González Castaño, Asesor en Sostenibilidad Sistémica y Eficiencia Energética
Alejandro Salazar Jaramillo, Asesor en Materiales y Residuos
Gloria Aponte García, Asesora en Vegetación y Paisaje

Supervisión

Diana Fernanda Castro Henao, Líder de Gestión Ambiental
Carlos Alberto Salazar Velásquez, Profesional Universitario
Isabel Cristina Arango Pérez, Profesional Universitario

Diseño Gráfico

Catalina Morales Maya
Dany Alejandro Noreña Sepúlveda

Fotografía de portada

Santiago Molina Escobar

Coordinación de la publicación

Oficina Asesora de Comunicaciones del Área Metropolitana del Valle de Aburrá

Registro ISBN

978-958-8513-89-8

Primera edición

Diciembre de 2015

Derechos Reservados.

Está prohibida la reproducción parcial o total de esta publicación con fines comerciales. Para hacer uso de la información contenida

Presentación

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá, es una Entidad administrativa, regida por las Leyes 99 de 1993 y 1625 de 2013, creada con el compromiso de consolidar el progreso y el desarrollo armónico de la gran Región Metropolitana, con funciones de planeación estratégica, ordenamiento territorial, autoridad ambiental, autoridad de movilidad y transporte público; coordinación de la prestación de servicios públicos, coordinación del sistema de vivienda de interés social, ejecución de obras de infraestructura vial y proyectos de interés metropolitano.

Una de las principales funciones de la Entidad es la determinación de Hechos Metropolitanos, definidos como aquellos fenómenos económicos, sociales, tecnológicos, ambientales, físicos, culturales, territoriales, políticos o administrativos, que afecten o impacten simultáneamente a dos o más de los municipios que la conforman. En reconocimiento de que los procesos relacionados con la actividad constructiva cumplen con estas características, el Acuerdo Metropolitano 05 de 2014 declaró la construcción sostenible como Hecho Metropolitano y estableció como meta la formulación de una Política de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá.

El proceso de formulación de la Política se desarrolló entre septiembre de 2014 y septiembre de 2015 en asocio con la Universidad Pontificia Bolivariana y consta de tres partes, a saber: 1) una línea base, 2) una revisión del marco jurídico y 3) un documento de planeación estratégica. Así mismo, hacen parte integral de la Política una serie de Guías de Construcción Sostenible, las cuáles servirán como herramienta técnica para la implementación de los principios y criterios establecidos en la Política, cuyo ámbito de aplicación comprende cuatro escalas, que van desde la planeación urbanística, hasta la rehabilitación sostenible de edificaciones existentes, pasando por la configuración de espacios abiertos públicos y privados, e incluyendo, desde luego las edificaciones nuevas.

Esta definición de escalas se basa en el hecho de que las edificaciones no son objetos aislados y hacen parte de un sistema mayor, con el cual intercambian materia y energía de manera constante. Sus formas, volúmenes, áreas, alturas, implantaciones, orientaciones y materiales tienen influencia sobre la percepción y la interacción humana con el espacio urbano y sobre la conectividad ecológica, al tiempo que generan modificaciones ambientales sobre el entorno inmediato en términos de vientos, temperatura, ciclo hidrológico y estabilidad geomorfológica, influenciando la habitabilidad del espacio público, la efi-

ciencia del metabolismo urbano y los niveles de amenaza y vulnerabilidad en el entorno. De igual forma las coberturas vegetales, la permeabilidad de las superficies, el tipo de materiales y la configuración espacial de los espacios abiertos, tienen influencia directa sobre la habitabilidad interior y la eco-eficiencia de las edificaciones.

Por su parte, la inclusión de una escala relacionada con la rehabilitación sostenible de edificaciones se basa en el hecho de que, si el enfoque se centra únicamente en los nuevos desarrollos, se estaría renunciando de antemano a la posibilidad de mejorar las condiciones del ambiente construido ya existente.

La serie se compone de cinco guías. La primera que proporciona elementos para la caracterización del lugar como punto de partida para establecer criterios de sostenibilidad específicos. Las cuatro restantes cubren las escalas de aplicación previamente descritas, con las cuales se busca el establecimiento de criterios técnicos que contribuyan con la sostenibilidad de la región.

A través esta iniciativa, el Área Metropolitana del Valle de Aburrá brinda los elementos necesarios para implementación de los principios establecidos por la Política Pública de Construcción Sostenible, teniendo claridad frente a que...

LA SUMA DE EDIFICACIONES QUE CUMPLAN CON UNA SERIE DE CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD, NO DA COMO RESULTADO UNA CIUDAD MÁS SOSTENIBLE.

Hernán Darío Elejalde López
Director

Guía 4. Guía para el diseño de edificaciones sostenibles

Contenido

Descripción gráfica de la guía	5	4.2.5.2. Energía Solar Térmica	41
Referencias temáticas de la guía	6	4.2.5.3. Energía Eólica	44
Introducción	7	4.3. Agua	47
A quién va dirigida esta guía	7	4.3.1. Evaluación del modelo de gestión	47
Cómo usar esta guía	9	4.3.1.1. Modelo existente	47
Ámbito de aplicación	9	4.3.1.2. Modelo Sostenible	48
4.1. Habitabilidad	10	4.3.2. Cálculo de dotaciones de acuerdo al uso	50
4.1.1. Confort Térmico	11	4.3.3. Captación y uso de Aguas Lluvias	52
4.1.2. Confort Visual	13	4.3.4. Aprovechamiento de Aguas Subterráneas	55
4.1.3. Confort Acústico	14	4.3.5. Reciclaje de Aguas Grises	56
4.1.4. Ergonomía y Factores Humanos	15	4.3.6. Diseño Integral de Sistemas Hidrosanitarios	58
4.2. Energía	18	4.3.7. Sistemas de Tratamiento	60
4.2.1. Modelo de gestión de la Energía	18	4.3.8. Humedales construidos	63
4.2.1.1. Usos de la energía eléctrica de acuerdo con el tipo de edificación	20	4.3.9. Dispositivos de ahorro y uso eficiente del Agua	65
4.2.2. Diseño Pasivo	21	4.4. Materialidad Sostenible	67
4.2.2.1. Orientación del Proyecto en relación al Sol	21	4.4.1. Escalas de la Materialidad Sostenible	67
4.2.2.2. Diseño y ejecución de elementos de protección solar	23	4.4.2. Sistemas Constructivos	68
4.2.2.3. Iluminación Natural	25	4.4.3. Coordinación Modular	69
4.2.2.4. Ventilación Natural	27	4.4.4. Perfil Ambiental de Materiales y Elementos	70
4.2.3. Iluminación Artificial	29	4.4.5. Desempeño Técnico como criterio de Sostenibilidad	73
4.2.3.1. Iluminación Conjugada	29	4.4.6. Comportamiento térmico, acústico y lumínico	75
4.2.3.2. Dispositivos Eficientes de Iluminación	31	4.4.7. Otros criterios acerca de la materialidad sostenible	79
4.2.4. Acondicionamiento térmico	33	4.4.8. El Concreto	81
4.2.4.1. Acondicionamiento térmico mixto	33	4.4.8.1. Evolución de la tecnología del concreto	81
4.2.4.2. Sistemas y dispositivos de acondicionamiento térmico por fuentes de energía renovables	35	4.4.8.2. Características de desempeño del concreto	82
4.2.5. Micro y minigeneración de energía por fuentes renovables	37	4.4.8.3. Patologías del concreto	83
4.2.5.1. Energía Fotovoltaica	37	4.4.8.4. Criterios para la selección de cementantes	85
		4.4.8.5. Criterios para la selección de agregados	88

4.4.8.6.	Aditivos	90
4.4.8.7.	Agua de mezcla	91
4.4.8.8.	Diseño de mezclas	92
4.4.8.9.	Confección de mezclas	93
4.4.8.10.	Colocación, prevención de la segregación y compactación	94
4.4.8.11.	Curado y Fraguado del Concreto	96
4.4.8.12.	Geopolímeros	97
4.4.9.	Deconstrucción	98
4.4.9.1.	Deconstruir	99
4.4.9.2.	Consideraciones de seguridad	101
4.4.9.3.	Diseñar para la deconstrucción	102
4.4.10.	Manejo de residuos de construcción y demolición (RCDS) Agua	103
4.5.	Residuos Sólidos Urbanos	105
4.5.1.	Modelo de Gestión	105
4.5.1.1.	Modelo existente	105
4.5.1.2.	Modelo Sostenible	106
4.5.2.	Cálculo de la generación de residuos sólidos	107
4.5.3.	Dimensionamiento de Espacios para la Separación	108
4.5.3.	Dimensionamiento de Espacios para la Separación	109
4.5.3.	Dimensionamiento de Espacios para la Separación	110
4.5.4.	Aprovechamiento de la fracción biodegradable	111
4.5.4.	Aprovechamiento de la fracción biodegradable	112
4.6.	Viabilidad	113
	Percepciones y realidades sobre el costo de la construcción sostenible	113
	Referencias	118
	Anexo 1. Objetivos de sostenibilidad para el desarrollo urbanístico y la actividad constructiva en el Valle de Aburrá	123
	Anexo 2	128
	Grupo 1	128
	Grupo 2	129
	Grupo 3	130

Descripción gráfica de la guía

Espacio para iconografías según temática de la ficha.

Caracterización visual de la guía.

Título # Título (continuación)



Texto acompañante de las fichas.

Erferian ditat. Ehenihit venem as ipidest iolt faceati oreperepe nobis ut omnihicatur? Offic te cus.Unditi susdae doluptas sit doluptate nonsequam invent repti acerrovidic tem. Olendamus doluptat velectat utet que conecum volupta que aut fugia doluptate et atur, cus modia cone nonsectior alit qui di susam vel iliquunt odis quia initam raeribu scitia veri sime iur solora dolorit vernam laborat laciis nosam, quibus dempos ut re, sum, omnia acit, sam eosseque perum cus, corepel incipsam quunt. Aceaquia ipsame num re pos pe sin corit modipit omnis iuntio. Itae sintur alique serorup tatio

Título de la ficha

Profesional (es) requerido (s)



Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

Justificación

Descripción del lineamiento

Desarrollo temático de la guía

Marcador de inicio o final de temática o numeral de la guía.

de página

Referencias temáticas de la guía



Guía 4. Guía para el diseño de edificaciones sostenibles

Introducción

Diseñar y construir edificaciones solo podrá llamarse arquitectura cuando estas sean sostenibles. Asistimos como generación a un cambio de paradigma en el diseño arquitectónico, que irónicamente es un retorno a la raíz de la propia fundamentación epistemológica de la arquitectura: la comprensión de la estrecha relación entre edificio y lugar, la imperativa necesidad de brindar protección, bienestar y calidad de vida a todas las personas, la resolución de problemas técnicos del ambiente construido y la importancia de ser parte y testigo de la cultura material y emocional de la civilización, todo esto en pro del desarrollo social, ambiental y económico de la región y el país.

Por lo tanto, es necesario el énfasis en la noción de que hacer arquitectura es más que el desarrollo de un proyecto edilicio, al mismo nivel conceptual de la premisa de la Política Pública de Construcción Sostenible, expresada de forma reiterada en estas Guías de diseño, que la suma de edificaciones sostenibles no da como resultado una ciudad – región sostenible.

Como podrá ser apreciado a lo largo de esta guía de edificaciones sostenibles, aspectos como la relación con el lugar, la habitabilidad y la ecoeficiencia son transversales a todas las escalas y ámbitos de aplicación de la construcción sostenible. Pero en el caso de las edificaciones, la suma de complejidades en aspectos como la materialidad, la gestión de la operación y hasta la planificación de su futura deconstrucción, se vuelven relevantes como premisas de diseño y no como consecuencias de la proyectación arquitectónica o el azar de la construcción en su modelo convencional de flujos lineales, opuestos a la perspectiva del análisis de ciclo de vida, como uno de los ejes de la sostenibilidad.

En este sentido es importante considerar que a pesar de que el arquitecto, se destaca como protagonista en el rol principal de responsabilidades en el diseño, su función se debe ver enriquecida por el aporte intra y transdisciplinar de otros profesionales, necesarios para el desarrollo de edificaciones sostenibles, a través de una coordinación técnica y consensuada, que antes de limitar la creatividad en el diseño, aporta fundamentos técnicos y científicos, para el desarrollo de una verdadera obra arquitectónica.

Estos breves aspectos y reflexiones generales introducen entonces, la presente Guía para el diseño de sostenibles, fundamentada en los parámetros generales y particulares de la sostenibilidad sistémica presentes en los documentos de política Pública de Construcción Sostenible del Valle de Aburrá, con un enfoque de motivación y orientación para involucrar en la disciplina del diseño arquitectónico, el rigor científico y técnico para innovar en el desarrollo de edificaciones que sumen al desarrollo del hábitat construido sostenible.

A quién va dirigida esta guía

Esta es la cuarta de la serie de “Guías de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá” producida como resultado del convenio 459 de 2014 suscrito entre el Área Metropolitana del Valle de Aburrá y la Universidad Pontificia Bolivariana, con el objeto de “Aunar esfuerzos para la elaboración de una **Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá**”. La serie está compuesta por las guías que se listan a continuación:

1. Caracterización del lugar como base de la construcción sostenible.
2. Guía para la inclusión de criterios de sostenibilidad en la planeación urbana.
3. Guía para la inclusión de criterios de sostenibilidad en el diseño de espacios abiertos.
4. [Guía para el diseño de edificaciones sostenibles.](#)
5. Guía para la rehabilitación sostenible de edificaciones existentes.

Las Guías de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá están dirigidas a los siguientes actores, con el fin de orientar la inclusión de criterios de sostenibilidad de acuerdo con la tabla 1.

Tabla 1. Actores y oportunidades de inclusión de los criterios de sostenibilidad de la serie de Guías de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá

Actor	Con oportunidad para la inclusión de criterios de sostenibilidad en:
Secretarías o departamentos de planeación municipal o quien haga sus veces.	La planeación, diseño, construcción y operación de intervenciones en el espacio público. Las normas urbanísticas básicas.
Curadurías urbanas.	La expedición de licencias urbanísticas cuando dichos criterios hagan parte de las normas urbanísticas básicas
Autoridades ambientales	La definición de determinantes ambientales en la formulación de Planes Parciales
Entes gubernamentales centralizados y descentralizados; así como empresas industriales y comerciales del estado con jurisdicción y/o sede en el Valle de Aburrá	La planeación, diseño y construcción de sedes propias. El ejercicio de sus funciones, cuando estas incluyan la planeación, diseño, ejecución y/o operación de actuaciones urbanísticas y/o proyectos constructivos.
Urbanizadores, constructores y promotores inmobiliarios	La planeación, diseño, construcción y comercialización de proyectos constructivos de cualquier tipología (vivienda, comercio, alojamiento, etc.)
Firmas de diseño y consultoría en Arquitectura o Ingeniería y profesionales independientes	Su actividad profesional, de acuerdo con lo establecido por el Artículo 16 de la ley 435 de 1998, el artículo 31 de la ley 842 de 2003 y el numeral A.1.3.13, título A del Código Nacional de Construcción Sismoresistente NSR10
Entidades privadas	La planeación, diseño, construcción, operación, deconstrucción y rehabilitación de sedes propias.
Instituciones de Educación Superior con programas académicos relacionados con la industria de la construcción	Sus planes curriculares y centros de investigación.
Sociedad civil	El ejercicio de su rol como ciudadano, como cliente y como usuario final, de proyectos constructivos de carácter tanto oficial como privado.

El documento de lineamientos de “Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá” establece cuatro variables de entrada que orientan la estrategia de sostenibilidad pertinente, para cada plan urbanístico o proyecto constructivo, a saber:

- Objetivos de sostenibilidad:** Los objetivos de sostenibilidad para la planeación urbanística, la intervención en el espacio abierto y el diseño de edificaciones se derivan de un ejercicio de marco lógico que tiene como punto de partida el documento *Línea Base para la formulación de una Política de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá*.
- Caracterización del lugar:** Mediante ésta se obtendrán los insumos necesarios para seleccionar las estrategias de sostenibilidad que mejor se ajusten al caso, de acuerdo con las condiciones climáticas, ambientales y físicas del ambiente construido, existentes dentro del entorno donde se desarrollará el plan o proyecto.
- Características del proyecto:** En el ámbito de las edificaciones, las características del proyecto están determinadas por la escala, la tipología y la relación con elementos de los espacios abiertos y otras edificaciones.
- Recursos disponibles:** La Política Pública de Construcción Sostenible del Valle de Aburrá está orientada principalmente a la inclusión de criterios de sostenibilidad en la planeación y el diseño de proyectos. El diseño sostenible no debería implicar un sobre costo con respecto a un ejercicio convencional de construcción, de hecho, la inclusión de estos criterios en las fases tempranas de un proyecto, puede contribuir a una disminución significativa de costos durante la construcción y operación, haciendo que la construcción sostenible pueda ser más eficiente en costos que la construcción convencional. No obstante, algunos criterios pueden exigir la incorporación de sistemas y tecnologías alternativas, que requieren de un capital de inversión superior al requerido para un proyecto convencional, el cual sin embargo se recupera durante la vida útil del proyecto.

De acuerdo a esto, se clasifican los criterios de sostenibilidad en 3 niveles a saber:

- 1) Criterios cuya inclusión no genera sobrecostos en ninguna fase y que por el contrario, generan beneficios económicos, a lo largo del ciclo de vida del proyecto urbanístico o constructivo.
- 2) Criterios cuya inclusión requiere costos adicionales en la fase de construcción, que son recuperables durante la fase de operación.
- 3) Criterios cuya viabilidad depende de la creación de nuevos negocios, nuevos modelos de negocio, alianzas o iniciativas de nivel regional (AMVA & UPB, 2015a).

Cómo usar esta guía

Este documento pretende orientar el diseño de edificaciones sostenibles. La implementación de los criterios presentados en esta Guía, requiere de un diagnóstico previo del área de intervención, para lo cual se recomienda el uso de la [Guía n°1](#).

- 4.1. Habitabilidad
- 4.2. Energía
- 4.3. Agua
- 4.4. Materialidad Sostenible
- 4.5. Residuos Sólidos Urbanos
- 4.6. Viabilidad

La descripción de los procedimientos tiene un diverso nivel de detalle, dependiendo de la existencia y disponibilidad de normas técnicas, resoluciones y/o documentos técnicos de carácter internacional, nacional o metropolitano, que ya proporcionen una descripción detallada de procedimientos pertinentes, en cuyo caso se remite al lector al documento de referencia. Por otro lado, los procedimientos que hacen referencia a enfoques novedosos de sostenibilidad, o la planeación de procesos y elementos poco atendidos desde la actividad constructiva convencional, se desarrollan con un mayor nivel de detalle, respecto a aquellos que resultan más habituales y/o que incluso hacen parte del marco normativo en el territorio nacional. Los procedimientos están organizados en forma de fichas, las cuales incluyen la justificación para la realización de cada procedimiento, el ámbito de aplicación, el perfil o los perfiles profesional(es) requerido(s), la descripción del procedimiento y la literatura científica y técnica, así como la normativa de referencia. Para mayor información de carácter técnico se recomienda revisar el documento “**Línea Base para la Formulación de una Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá**” (AMVA & UPB, 2015a), así como los documentos referenciados en cada ficha.

Ámbito de aplicación

De acuerdo con el ámbito de aplicación de los Lineamientos de Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá, la presente guía se orienta a intervenciones arquitectónicas en los siguientes tipos de suelo:

- Suelo urbano
- Suburbano
- De expansión
- Rural
- De protección

Sin embargo, como se menciona en el documento de Lineamientos de la Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá, una sumatoria de edificaciones sostenibles no da lugar a una ciudad/región más sostenible. De hecho, numerosas decisiones relacionadas con la sostenibilidad de intervenciones constructivas, deben ser tomadas a escala urbana, y concretadas en escalas subsiguientes de materialización de proyectos.

4.1. Habitabilidad



La habitabilidad en la escala de la edificación se determina por las condiciones resultantes en los espacios arquitectónicos, dadas por intercambios de materia y energía entre el ambiente exterior y el interior, condicionadas por el desarrollo de cerramientos arquitectónicos en contacto con el suelo y la atmósfera, además de las propias cargas internas derivadas, de la actividad humana y la ocupación de cada espacio. El objeto del diseño arquitectónico por lo tanto, se fundamenta en la generación de condiciones de habitabilidad interior, mejores que las condiciones exteriores, con rangos de variabilidad y adaptación humana, en escalas temporales y de consumo de energía, que no representen excesivos consumos de recursos naturales durante la operación de la edificación.

Desde esta perspectiva el conocimiento de las condiciones exteriores al proyecto y las necesidades de las personas en el interior por temporalidad y actividad, constituye un punto de partida fundamental para el diseño arquitectónico, orientado a la generación de condiciones de bienestar, sin altas dependencias energéticas. En este escenario se considera entonces, que entornos exigentes ambientalmente, requieren respuestas complejas desde el diseño,

pero desconocer el nivel de exigencia del exterior en términos de habitabilidad, puede derivar en respuestas ligeras, facilistas o absurdas, con la posibilidad de exacerbar la necesidad de adaptación o el malestar de las personas al interior de las edificaciones, aún frente a entornos climáticos y ambientalmente favorables como sucede en el Valle de Aburrá.

Los aspectos de la habitabilidad en las edificaciones están determinados por diversos niveles de sensación de confort ambiental, a partir de respuestas subjetivas a una valoración que hace cada persona de la calidad de su entorno inmediato. Esta valoración se hace por medio de los sentidos como sistema de percepción de las personas a condiciones térmicas, lumínicas, acústicas, físicas y espaciales. Por lo tanto los factores de habitabilidad de una edificación pueden describirse bajo condiciones de confort térmico, visual, auditivo y ergonómico. La definición de habitabilidad y los conceptos fundamentales del confort humano están descritos en el documento de Línea Base de Política Pública de Construcción Sostenible, para mayor profundidad en interés de consulta.

4.1.1. Confort Térmico



Conceptualmente, el confort térmico es definido como condición de la mente que expresa satisfacción con el ambiente térmico (ASHRAE American Society of Heating Refrigerating and Airconditioning Engineers, 2010). Esta condición está relacionada con la apreciación que el cuerpo humano hace del ambiente térmico que lo rodea, el cual está definido por la interacción de cuatro factores primarios ambientales y dos antrópicos. La temperatura del aire, la temperatura Radiante, la velocidad del aire y su humedad relativa (ver Guía No.1), son los cuatro factores ambientales que tienen influencia directa sobre el entorno térmico de un lugar, y dependen de las condiciones climáticas y la transformación que el entorno construido hace de ellas. Los otros dos factores están estrechamente relacionados a la persona que hace la valoración térmica del entorno y son el tipo de actividad física que realiza en el espacio, el cual define la tasa metabólica, y el aislamiento que presenta la ropa que se usa.

La sensación térmica de cada individuo depende de la relación que se establece entre el calor que produce su cuerpo, gracias a su metabolismo, y el que puede liberar o ganar de su entorno inmediato para mantener estable la temperatura interna. Esta posibilidad, depende de las condiciones del ambiente.

Justificación

El cuerpo humano cuenta con una serie de mecanismos termorreguladores, que le ayudan a conservar su temperatura interna media, favoreciendo o impidiendo la pérdida de calor corporal según la necesidad. Sin embargo, cuando hay diferencias de temperatura que propician una ganancia o pérdida muy alta de calor, la acción de estos mecanismos resulta ineficiente, haciéndose necesario recurrir a factores externos de control, como el incremento o remoción del vestuario, ventiladores, ganancia de calor en los ambientes con ayuda de la radiación solar o chimeneas, y en los casos más extremos, el uso de sistemas de acondicionamiento artificial, como calefacción y aire acondicionado.

A pesar de que este intercambio de calor depende en gran medida de la diferencia de temperaturas entre el entorno y el cuerpo humano, es importante considerar que otros factores ambientales favorecen o dificultan este intercambio, como el movimiento de aire y la humedad de este en ambientes cálidos, teniendo una acción directa sobre la sensación térmica de las personas, y por consiguiente, en su confort. De este modo, el confort térmico puede propiciarse desde el diseño y materialidad de las edificaciones, partiendo de dar respuesta a las condiciones climáticas y ambientales del lugar, potencializando aquellas que resultan favorables y mitigando las que puedan producir un ambiente térmico desfavorable.

Las condiciones climáticas del Valle de Aburrá no presentan condiciones extremas de temperatura, aunque sí presentan leves variaciones por municipio y a lo largo del año. (Ver Anexo Diagramas de Givoni). De acuerdo a esto, en la mayoría de los casos, las edificaciones podrán favorecer un adecuado confort térmico mediante estrategias pasivas. Sin embargo, existen situaciones especiales con estrictos requerimientos térmicos o higiénicos, que demandan la consideración e implementación de acondicionamientos artificiales.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Generar condiciones de bienestar higrotérmico en ambientes interiores y exteriores, según las actividades y tiempos de permanencia.
- Promover la comodidad física y mental de los usuarios en ambientes interiores y exteriores.

Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación

Etapas de construcción -
Fase de obra

Fase de operación

Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con diseño bioclimático, confort ambiental, eficiencia energética o medio ambiente.



4.1.1. Confort Térmico

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

Garantizar una temperatura media del espacio, que esté dentro de un rango que la mayor parte de los usuarios, consideren como confortable para un contexto climático específico, no es una condición resultante de la aplicación de una fórmula única y universal. De acuerdo a las condiciones climáticas y del entorno de cada proyecto, debe definirse una estrategia bioclimática, que según sea el caso, ayude a favorecer o mitigar cada una de las condiciones que tienen una influencia directa sobre el ambiente térmico. Esta estrategia general está compuesta a su vez por múltiples subestrategias.

Etapa de construcción -
Fase de obra

Con el fin de desarrollar la estrategia general, deben conocerse los valores de las variables atmosféricas locales, para los principales periodos del año, así como la definición del norte geográfico y una evaluación de la preexistencias del ambiente construido, de acuerdo con lo definido en la [Guía n°1](#). Se recomienda usar como herramienta el diagrama de Givoni, el cual indica la relación entre temperatura y humedad relativa, para responder con diversas estrategias bioclimáticas, en el diseño del proyecto frente a climas cálidos y fríos. En este documento se encuentran como anexo los diagramas de Givoni para cada uno de los municipios del Valle de Aburrá, de acuerdo a los datos de las cabeceras municipales. Sin embargo, deben verificarse los datos de acuerdo con la Guía No.1 y cruzarlos con el diagrama.

Fase de operación

Por otro lado, es importante considerar que existen regulaciones y normas técnicas para algunos tipos de edificios como Hospitales, Ambientes Educativos, vivienda, etc., que hacen acotaciones relacionadas a este tema y que deben ser tenidas en cuenta en el proceso de diseño desde la perspectiva del bienestar humano y la eficiencia energética.

4.1.2. Confort Visual



El confort visual es entendido como la existencia de un conjunto de condiciones en un determinado ambiente, con las cuales un ser humano puede desarrollar sus tareas visuales con el máximo de agudeza y precisión visual, el mínimo esfuerzo, el menor riesgo de perjuicios a la vista y con reducidos riesgos de accidentes (Lamberts, Dutra, & Pereira, 2004). Para esto deben garantizarse niveles lumínicos suficientes de acuerdo a la tarea que se desarrollará en el ambiente interior, con una distribución homogénea de estos, la ausencia de deslumbramiento, un adecuado contraste y un buen patrón y dirección de sombras.

La percepción del ambiente lumínico, así como en el caso de la sensación térmica, es altamente subjetiva, siendo posible que las condiciones de luz que una persona considera satisfactorias, no lo sean para otra. Las preferencias lumínicas de una persona pueden variar por múltiples razones, como la edad, el género o la hora del día, pero en general las necesidades lumínicas de un espacio están definidas principalmente por el tipo de actividad a realizar.

Justificación

Entre más compleja sea la tarea que dicha actividad implica, mayores serán las exigencias de la calidad de la luz. A pesar de que el ojo humano tiene una gran capacidad de adaptación, tolerando altísimos niveles de iluminancias en el exterior, o gran escasez de luz, una iluminación inadecuada implicará un mayor esfuerzo para la persona que desarrolla determinada actividad. Tiempos prolongados de exposición a esta condición, pueden llegar a producir fatiga visual, irritabilidad y dolor de cabeza. Así mismo, aumenta la posibilidad de la ocurrencia de errores y accidentes. El ambiente construido debe entonces garantizar las condiciones lumínicas necesarias para que los usuarios puedan desarrollar sus tareas visuales de forma cómoda y segura.

Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación

Etapa de construcción -
Fase de obra

Fase de operación

Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, diseño de iluminación, luminotécnica, confort ambiental y/o eficiencia energética.



Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Garantizar condiciones visuales apropiadas en espacios interiores, de acuerdo con la tarea visual a realizar.
- Promover la comodidad física y mental de los usuarios en ambientes interiores.

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

El ministerio de minas y energía, mediante Resolución No. 180540 de Marzo 30 de 2010, define el Reglamento técnico de Iluminación y Alumbrado Público – RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2010). De acuerdo con este documento, a la hora de definir el sistema de iluminación de un lugar, deben conocerse las condiciones físicas y arquitectónicas del espacio, y las condiciones ambientales de su entorno. Así mismo, para determinar los requerimientos de luz que debe tener el espacio según su uso, deben conocerse: la actividad a ser desarrollada, los niveles óptimos de iluminación requerida para la tarea que implica dicha actividad, las condiciones visuales de quien la desarrolla, el tiempo de permanencia, la forma y tamaño del espacio, los colores y reflectancia de las superficies, la disponibilidad de luz natural en el espacio y finalmente, sus requerimientos estéticos (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Etapa de construcción -
Fase de obra

En la Tabla 410.1 del mismo documento, se definen los niveles de iluminancia o iluminación necesarios para cada tipo de actividad (Pág.77). Estos niveles lumínicos deben ser garantizados a la altura del Plano de Trabajo, superficie sobre la cual se realiza la actividad. Usualmente, este plano se asume como un área horizontal a la altura donde se desarrolla la tarea visual, por ejemplo, la superficie donde se apoya el papel, en una tarea como leer o escribir. Por otro lado, se aconseja revisar los lineamientos contenidos en la Guía Técnica Colombiana GTC 8. “Principios de Ergonomía Visual. Iluminación para Ambientes de Trabajo en Espacios Cerrados”, que integra recomendaciones en relación al campo visual, condiciones de homogeneidad lumínica, alto contraste y deslumbramiento.

Fase de operación

Así mismo, es importante considerar que existen regulaciones y normas técnicas para algunos tipos de edificios como hospitales, espacios educativos, vivienda, etc., que hacen acotaciones relacionadas a este tema y que deben ser tenidas en cuenta.

4.1.3. Confort Acústico



Hablar de confort acústico dentro de un espacio, “significa que el campo sonoro existente no genera ninguna molestia significativa a la personas” (A. Carrión Isbert, 2001) que lo habitan, implicando por lo tanto, un aislamiento acústico y/o un acondicionamiento acústico. El primero busca evitar la transferencia de ruido de un espacio a otro, mientras que el segundo propende por la calidad del sonido al interior del espacio.

Justificación

En la actualidad, el ruido se ha convertido en uno de los problemas más críticos de contaminación ambiental, condición que aumenta con el incremento de la densidad poblacional. En las zonas urbanas, debido a sus actividades y desarrollo, se constituye como una seria amenaza a la calidad de vida de la población que habita en estas (Schroeder & Rossing, 2007). Usuarios que están expuestos a ambientes muy ruidosos, pueden presentar pérdidas de la audición, constituyéndose en un importante problema de salud. En menores proporciones de exposición, puede presentarse otro tipo de efectos como interferencia con la comunicación o interrupción del sueño, además de otros efectos fisiológicos y psicológicos. Por otro lado, espacios que no estén acústicamente acondicionados de acuerdo a la actividad que se vaya a desarrollar en ellos, presentarán molestias auditivas para los usuarios, pérdidas de comunicación e ineficiencia en los procesos. Mitigar o evitar el ruido, y favorecer la escucha de los sonidos que tienen significado, son las acciones que otorgan calidades acústicas adecuadas a los espacios, y deben ser objeto de la labor a desarrollar dentro del proceso de producción arquitectónica del ambiente construido.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Mitigar el impacto de la contaminación auditiva exterior en los ambientes interiores, para garantizar condiciones de bienestar auditivo en estos, de acuerdo con el uso del espacio y el tiempo de permanencia.
- Evitar la propagación al exterior de ruidos generados en ambientes interiores.
- Garantizar dentro del espacio condiciones adecuadas para la emisión y recepción de los sonidos, según la actividad predominante del espacio.
- Promover la comodidad física y mental de los usuarios en ambientes interiores y exteriores.

Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación

Etapa de construcción - Fase de obra

Fase de operación

Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, acústica urbana y diseño acústico, acústica arquitectónica y control de ruido.



Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

El aislamiento acústico o control de ruido, consiste en evitar que el ruido ingrese y/o salga de un espacio. El control del ruido puede realizarse desde la fuente, en el medio de transmisión o en el espacio receptor, siendo siempre más eficaz el tratamiento desde la fuente. Para esto, es importante localizar la fuente de ruido, caracterizar las frecuencias que componen el ruido que genera y de este modo, identificar las posibilidades de control de ruido. La mitigación desde la fuente es normalmente viable cuando se trata de equipos o maquinas puntuales, pero compleja cuando es un factor externo como el tráfico.

Para el control de ruido en el medio de propagación, debe considerarse que sus vías de trasmisión más comunes son la aérea y la estructural. En la primera, el ruido viaja por el aire, mientras que en la segunda, el ruido originado por un impacto en alguna superficie sólida, se convierte en vibración que viaja por la estructura y se transforma en ruido aéreo al llegar a una superficie libre. En este caso, la mitigación considera desde el exterior, barreras de sonido que absorban o reflejen algunas frecuencias, tales como superficies vegetales, cercos vivos u obstáculos artificiales. Al interior, deben tenerse en cuenta las aberturas o filtraciones que comunican los espacios, sean exteriores o interiores, así como el sello de posibles vías de propagación, como juntas arquitectónicas, marcos, uniones entre paredes y pisos, y tipologías de ventanería. Finalmente, la estrategia de control de ruido menos efectiva es tratar el cuarto receptor con materiales de alta densidad y peso o con una gran capacidad de absorción. Las estrategias de mitigación deben garantizar un ambiente sonoro que esté en conformidad con lo definido por la Resolución Nacional 0627 (Ministerio de Ambiente, 2006) y la NTC 3521 (ICONTEC, 1993) y responder a las necesidades de privacidad acústica, que varían según la actividad o programa del espacio.

El acondicionamiento acústico, por otro lado, propicia las condiciones para que los sonidos emitidos dentro de un espacio, se escuchen de manera adecuada, facilitando la comunicación según el uso y tipo de actividad que se vaya a realizar. Para esto, según la cualidad sonora que requiera el espacio, debe considerarse que, características como la geometría del lugar, el volumen, el acabado de sus superficies liso o rugoso, las características físicas de los materiales, la dirección en la que es emitido el sonido y su duración, y la cantidad de personas que lo ocupan, pueden tener una gran influencia en el comportamiento de la onda sonora dentro del espacio.

El parámetro con que el usualmente se mide la calidad acústica es el tiempo de reverberación, aunque otros parámetros como la claridad acústica, pueden igualmente ser útiles a la hora de diseñar acústicamente un espacio. Por otro lado, es importante considerar que existen regulaciones y normas técnicas para algunos tipos de edificios como hospitales, ambientes educativos y vivienda, etc., que hacen acotaciones relacionadas a este tema y que deben ser tenidas en cuenta.

Etapa de construcción - Fase de obra

Fase de operación

4.1.4. Ergonomía y Factores Humanos



La Ergonomía se define como el estudio de los problemas de las personas en su adaptación a su contexto, o como la ciencia que busca adaptar el trabajo a las condiciones en que se realiza, a satisfacción del trabajador (Panero & Zelnik, 1996). Ambas definiciones hacen especial referencia a la palabra “adaptar”, noción que implica el reconocimiento de las características específicas, del tipo de población que hará uso de los espacios, las cuales se asocian usualmente al programa del lugar o a la tipología de la edificación. Algunos espacios albergan actividades que congregan un público muy similar, casi homogéneo, no porque los individuos sean iguales, sino porque comparten gran cantidad de características similares, como el caso de las instituciones educativas, donde en cada grado, la mayor cantidad de estudiantes se encuentra en un periodo de desarrollo cognitivo y físico similar; o en el caso de las edificaciones de oficinas, donde a pesar de que se cubre un amplio rango etario, sus usuarios son todos adultos jóvenes y adultos. Por otro lado, tipologías como las residenciales, presentan un público heterogéneo, albergando simultáneamente varios rangos etarios, condiciones de salud, actividades y preferencias.

Las particularidades de los individuos, por otra parte, están directamente relacionadas con las características físicas de los usuarios. No hay dos seres

humanos iguales, aunque puedan tener algunas características en común, como su altura o peso, difieren en otros aspectos. Por lo tanto cuando se habla de las particularidades de los usuarios, deben considerarse dos conceptos de gran importancia, la Accesibilidad y el Diseño Universal.

El primero de estos, es la condición que cumple un ambiente, objeto, instrumento, sistema o medio, para que sea utilizable por todas las personas en forma segura, equitativa, y de la manera más autónoma y comfortable posible (ICONTEC, 2009), considerando especialmente aquellos usuarios que poseen algún tipo de condición, discapacidad, o necesidad especial, que diferencia su comportamiento.

Por otro lado, el Diseño Universal hace referencia al diseño de productos, entornos, programas y servicios que puedan utilizar todas las personas, en la mayor medida posible, sin necesidad de adaptación ni diseño especializado (Instituto Colombiano del Deporte - COLDEPORTES, Comité Paralímpico Colombiano - CPC, Asociación Colombiana de Universidades - ASCUN, & Federación Colombiana de Organizaciones de Personas con Discapacidad Física “FECODIF,” 2009). Este es un concepto más general, que busca ampliar los estándares de diseño a las necesidades de toda la población, incluyendo los principios de accesibilidad, sin limitarlos solo a estos.

Hacer uso de la Ergonomía como estrategia y herramienta de diseño, implica la consideración de las diferencias de las personas, como punto de partida para dimensionar los espacios, de tal forma que los elementos que lo componen no se conviertan en limitantes para ninguno de sus habitantes, o constituyan un riesgo para su bienestar. Para alcanzar este objetivo, deben conocerse las dimensiones de los cuerpos y las posibles diferencias que existen entre diferentes miembros de la población que habitará un espacio.

La Antropometría es la ciencia que se ocupa de las dimensiones del cuerpo humano con la finalidad de determinar diferencias entre los individuos, grupos y etnias, entre otros (Panero & Zelnik, 1996), y a lo largo de su existencia como disciplina, ha generado una serie de bases de datos que dimensionan estas diferencias, para variados grupos humanos. Estas bases de datos constituyen entonces, una valiosa fuente de información para el proceso de diseño, pues una vez definido el tipo de usuario, el diseñador o el equipo de diseño pueden acceder a medidas que orienten este proceso, en reemplazo de un estudio antropométrico para cada proyecto a desarrollar, el cual, en casos específicos es de gran utilidad, pero debe ser realizado por un experto en el tema.

4.1.4. Ergonomía y Factores Humanos

Es importante resaltar que, además de las bases de datos antropométricas, existen otro tipo de herramientas como normas y guías técnicas, que están disponibles para el diseño de gran cantidad de elementos, especialmente en el tema de Accesibilidad. Sin embargo, es importante considerar que un estándar diseñado para una población específica, puede no alcanzar los objetivos enunciados para otra población en condiciones y con características diferentes.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Promover la comodidad física y mental de los usuarios en ambientes interiores y exteriores.
- Proyectar espacios acoplados a las necesidades de los usuarios, la actividad y el tiempo de uso.
- Garantizar que todos los usuarios, sin excepción, puedan realizar de forma cómoda y segura sus actividades, en ambientes interiores y exteriores.
- Propiciar la apropiación de los ambientes.

Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación

Etapas de construcción -
Fase de obra

Fase de operación

Arquitecto, diseñador o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental o ergonomía aplicada y factores humanos.



Justificación

La principal función de la arquitectura es garantizar espacios seguros, confortables y de valor estético para sus habitantes. Cuando se desconocen los factores humanos condicionados por la edad, el género, la talla, los alcances corporales, las actividades, las necesidades físicas y psicológicas especiales, las dinámicas de movilidad, limitaciones permanentes o temporales, accesibilidad, crecimiento y hasta aspectos como la cultura y la idiosincrasia, se pueden generar proyectos que carecen de aceptación y apropiación por parte de los usuarios, ocasionando en muchos casos adaptaciones obligadas a situaciones, que generan condiciones incómodas o desconfortables para estos, en los casos más extremos incurriendo en riesgos temporales o crónicos para su salud y seguridad física y mental.

De esta forma, desde el desarrollo del ambiente construido sostenible, el propósito es asegurarse que el diseño propicie la habitabilidad, complemente las fortalezas y habilidades de sus usuarios, y minimice el efecto de sus limitaciones, en vez de forzar a las personas a adaptarse a condiciones desfavorables (Chartered Institute of Ergonomics & Human Factors, n.d.). Este principio puede aplicarse en todas las escalas, desde el diseño general de la edificación, hasta detalles puntuales como el diseño de estanterías y ubicación de tomas eléctricas, por citar solo dos ejemplos.

Los factores humanos son tan dinámicos como lo pueden llegar a ser los factores medioambientales del entorno, por esta razón es importante considerar el tipo de usuario que habitará el espacio, como un factor de diseño, desarrollando proyectos ajustados a sus necesidades y expectativas, y de esta forma, definir las condiciones espaciales y funcionales más apropiadas. Aunque este apartado hace referencia principalmente a los factores humanos con relación a su dimensión física, la revisión ergonómica que debe ser desarrollada para el diseño arquitectónico, también hace referencia a la integración de los estudios ambientales del confort previamente descritos, y debe reflejar tanto factores de carácter físico y funcional, como condiciones ambientales adecuadas para el correcto desarrollo de las actividades a escala humana.

La aceptación y apropiación de la edificación dependerá del desempeño de ésta frente a diversos aspectos, valorados por los seres humanos que la habitan. En este orden de ideas, un espacio puede responder correctamente a las dimensiones físicas de los usuarios, pero si no garantiza un ambiente térmico, lumínico o acústico satisfactorio, será incómodo e inapropiado desde la ergonomía.

4.1.4. Ergonomía y Factores Humanos

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

Así como es indispensable caracterizar el lugar donde se emplazará un proyecto antes de empezar con su diseño, es fundamental caracterizar su público objetivo. Con el fin de realizar esta caracterización, el profesional a cargo del proyecto debe en primera instancia, definir las características del usuario como grupo, que responde a condiciones circunstanciales, definidas en gran parte por la tipología de la edificación y su programa específico. Estas características, a grandes rasgos, son:

- El rango etario al que pertenecen los usuarios,
- Si estos comparten predominantemente o no, un grupo de características físicas,
- Si la mayor parte de estos usuarios es una población que permanece por grandes periodos de tiempo en el lugar (población estática).
- Usuarios que entran al espacio por cortos periodos de tiempo y salen, siendo reemplazados por otra población (población flotante).

4. NTC 4201 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Equipamientos, bordillos, pasamanos y agarraderas.
5. NTC 4145 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos y rurales. Escaleras.
6. NTC 4144 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Espacios urbanos y rurales. Señalización.
7. NTC 4143 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos. Rampas fijas adecuadas y básicas.
8. NTC 4142 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Símbolos de ceguera y baja visión.
9. NTC 4141 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Símbolo de sordera e hipoacusia o dificultad de comunicación.
10. NTC 4140 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos y rurales. Pasillos, corredores. Características generales.
11. NTC 4904 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Estacionamientos accesibles.
12. NTC 4959 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Griferías.
13. NTC 5775 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios y espacios urbanos. Equipamientos. Herrajes accesibles.
14. NTC 5610 - Accesibilidad al medio físico. Señalización táctil.
15. NTC 5017 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Servicios sanitarios accesibles.
16. NTC 4961 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Elementos urbanos y rurales. Teléfonos públicos accesibles.
17. NTC 4960 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Puertas accesibles.
18. NTC 4139 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Símbolo gráfico. Características generales.

Así mismo, es importante considerar que existen regulaciones y normas técnicas para algunos tipos de edificios como Hospitales, espacios educativos y viviendas, etc., que hacen acotaciones relacionadas a este tema y que deben ser tenidas en cuenta.

Etapa de construcción -
Fase de obra

En segundo lugar, es necesario considerar las actividades que el programa exige para uso de las personas, así como el tipo de desplazamientos, mobiliario y posturas asociadas a estas actividades. Finalmente, conociendo estos requerimientos, pueden definirse las dimensiones humanas vinculadas a estos.

Con base en los elementos mencionados y, haciendo uso de tablas antropométricas cuya población de referencia se asemeje en mayor medida, a los futuros usuarios de la edificación, asignar valores numéricos a las dimensiones humanas identificadas. A partir de estas dimensiones, definir espacialidades ajustadas a las necesidades específicas de los usuarios, de acuerdo con las actividades a realizar. Es importante considerar que las posiciones y actividades no son estáticas, por lo que para definir los espacios requeridos para una actividad, deben tenerse en cuenta los movimientos propios y desplazamientos que implica la misma.

Fase de operación

De igual forma, deben ser consideradas condiciones que hagan accesible el espacio, considerando lo estipulado por las siguientes normativas relacionadas al tema:

1. NTC 3955 - Ergonomía. Definiciones y conceptos ergonómicos.
2. NTC 6047 - Accesibilidad al medio físico. Espacios de servicio al ciudadano en la administración pública. Requisitos.
3. NTC 4349 - Accesibilidad de las personas al medio físico. Edificios. Ascensores.

4.2. Energía



Desde finales de la década de los años 1960 y principios de los años 1970, la energía se ha convertido en uno de los principales aspectos del desarrollo económico de los países, a partir de tres factores: Su creciente demanda, sus elevados costos de generación y los impactos ambientales asociados al modelo de explotación de hidrocarburos, como base del modelo energético mundial. En este escenario autores como Szokolay (1997) y Mazria (2007), destacan el papel de la industria de la construcción y las ciudades, como principales consumidores de energía en el modelo actual de desarrollo urbano, considerando de forma puntual que la dependencia y la ineficiencia del modelo energético, que resulta de edificaciones diseñadas sin criterios de eficiencia y habitabilidad, resultan ser un gran problema de sostenibilidad, pero al mismo tiempo, la eficiencia energética aplicada como premisa de diseño, es un importante factor de oportunidad y viabilidad de la construcción sostenible.

Parafraseando a Van der Ryn and Cowan (1996), quienes afirman “que la crisis ambiental es una crisis del diseño”, es posible establecer entonces, que la crisis energética del ambiente construido, es efectivamente, una crisis del diseño, consecuencia de edificaciones ineficientes en su operación por la ausencia de criterios de diseño pasivo y habitabilidad en el proceso proyectual.

Por lo tanto, quizás el mayor reto del diseño contemporáneo en términos de eficiencia energética, es determinar el equilibrio correcto, entre la gestión de la demanda y la operación energética de las edificaciones, desde una perspectiva de la cuantificación y el uso racional de este recurso durante todo el proceso proyectual. Este imperativo ambiental, hace referencia a la necesidad de actualizar la noción convencional del diseño arquitectónico, de considerar el desempeño energético final de una edificación, como una consecuencia del proyecto y no como un fin proyectual, limitando este factor al cálculo de cargas instaladas, que cumplen con premisas normativas y de seguridad, delegadas a la ingeniería eléctrica o electricista. Cuando el arquitecto ignora la relación de la edificación con el lugar y las necesidades de las personas en términos de habitabilidad, como determinantes del proyecto desde su idea básica, pierde las principales oportunidades de gestión de la energía, como factor integral de la calidad de una edificación, adicional a sus valores funcionales, técnicos y formales.

Estos son a grandes rasgos, los aspectos fundamentales que se presentan en este apartado de la Guía de edificaciones sostenibles en términos de energía, en el contexto de la Política Pública de Construcción Sostenible del Valle de Aburrá.

4.2.1. Modelo de gestión de la Energía

El modelo tradicional de gestión del recurso energético (ver Figura 1) implica un alto consumo para la edificación, y en consecuencia, una etapa operativa con un alto impacto ambiental. La envolvente arquitectónica es el órgano físico de transición entre el adentro y el afuera, y es la responsable de regular el intercambio energético y físico de diferentes condiciones entre estos.

Una definición arbitraria de la envolvente y su composición, resulta, en la mayoría de las veces, en la generación de condiciones inapropiadas para la habitabilidad de los usuarios en los espacios interiores, que exigen del uso de sistemas de acondicionamiento artificial como refrigeración, iluminación, ventilación y calefacción entre otros, para ser mitigadas y propiciar condiciones adecuadas de confort, a pesar de contar con un entorno con condiciones ambientales satisfactorias.

Así mismo, además del costo que implica el uso de un sistema artificial, como respuesta a una necesidad o por la situación antes descrita, es común que se usen dispositivos de alto consumo energético, bien sea porque estos fueron desarrollados con tecnologías que fueron mejoradas o reemplazadas por otras, en tiempos posteriores a su puesta en marcha, o porque aún están en el mercado y tienen un costo inicial menor que sus pares más eficientes, aunque en el largo plazo impliquen mayor inversión económica en el pago

de suministro de energía y en numerosos reemplazos debido a su corta vida útil.

Un modelo de gestión sostenible de este recurso, implica un cuidadoso diseño de la envolvente de la edificación, que permita gestionar las relaciones de intercambio de energía que se dan entre el espacio interior y su entorno, y un cuidadoso diseño de los sistemas artificiales de apoyo que se hagan estrictamente necesarios, para garantizar un ambiente cómodo y saludable para los usuarios. (Ver Figura 2).

La aplicación de un modelo ideal de gestión puede resultar inviable en muchas ocasiones, por razones de carácter técnico, presupuestal o incluso físico-espacial, sin embargo, como podrá evidenciarse en ítems posteriores, puede alcanzarse un considerable ahorro energético, por medio del diseño arquitectónico, sin que esto implique, necesariamente, un aumento en el costo inicial estipulado para el proyecto.

La idea es propender por alcanzar el modelo de gestión de la energía más apropiado y sostenible, de acuerdo con las posibilidades de cada proyecto.

4.2.1. Modelos de Gestión de la Energía

Modelo Tradicional

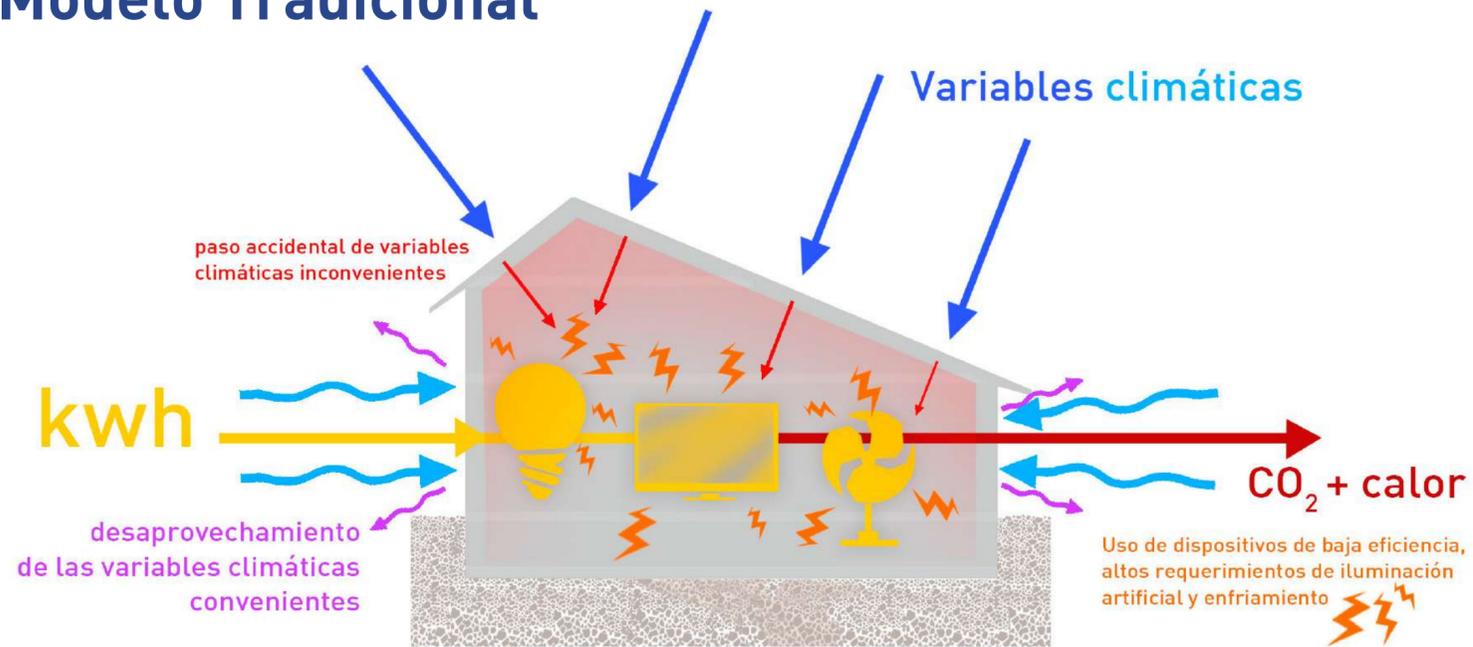


Figura 1. Modelo tradicional de gestión del recurso energético.

Modelo Sostenible

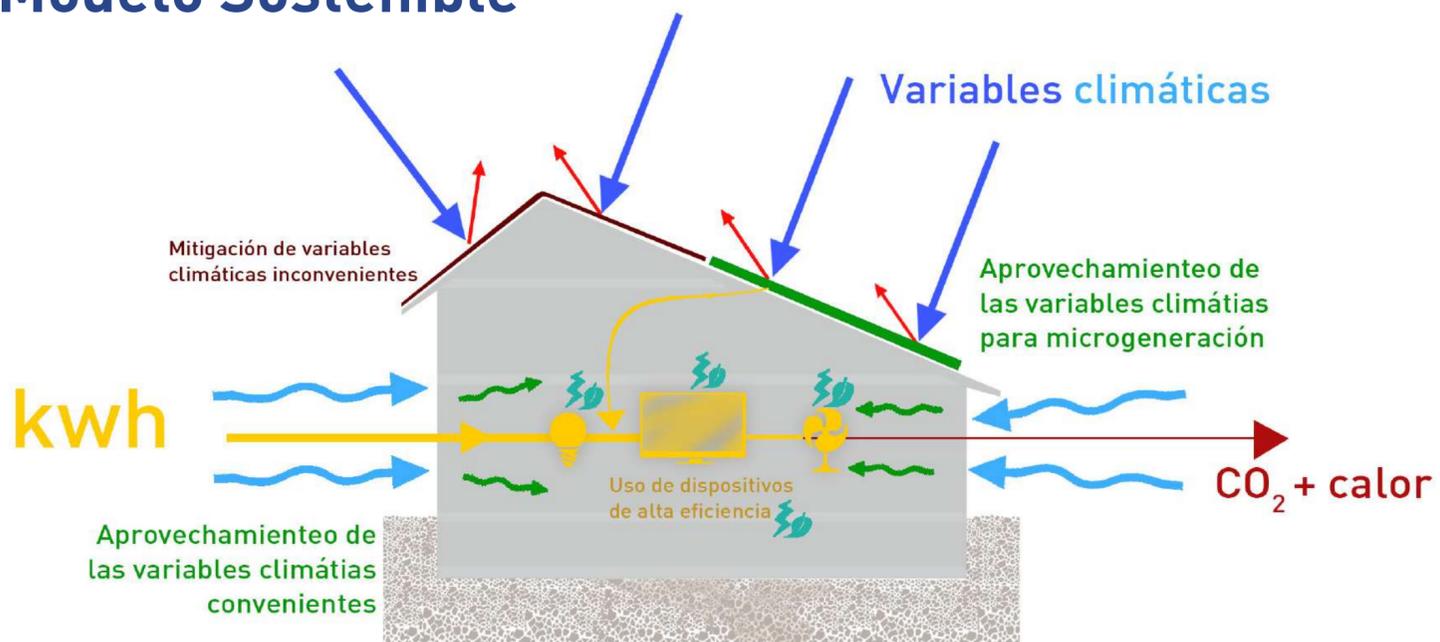


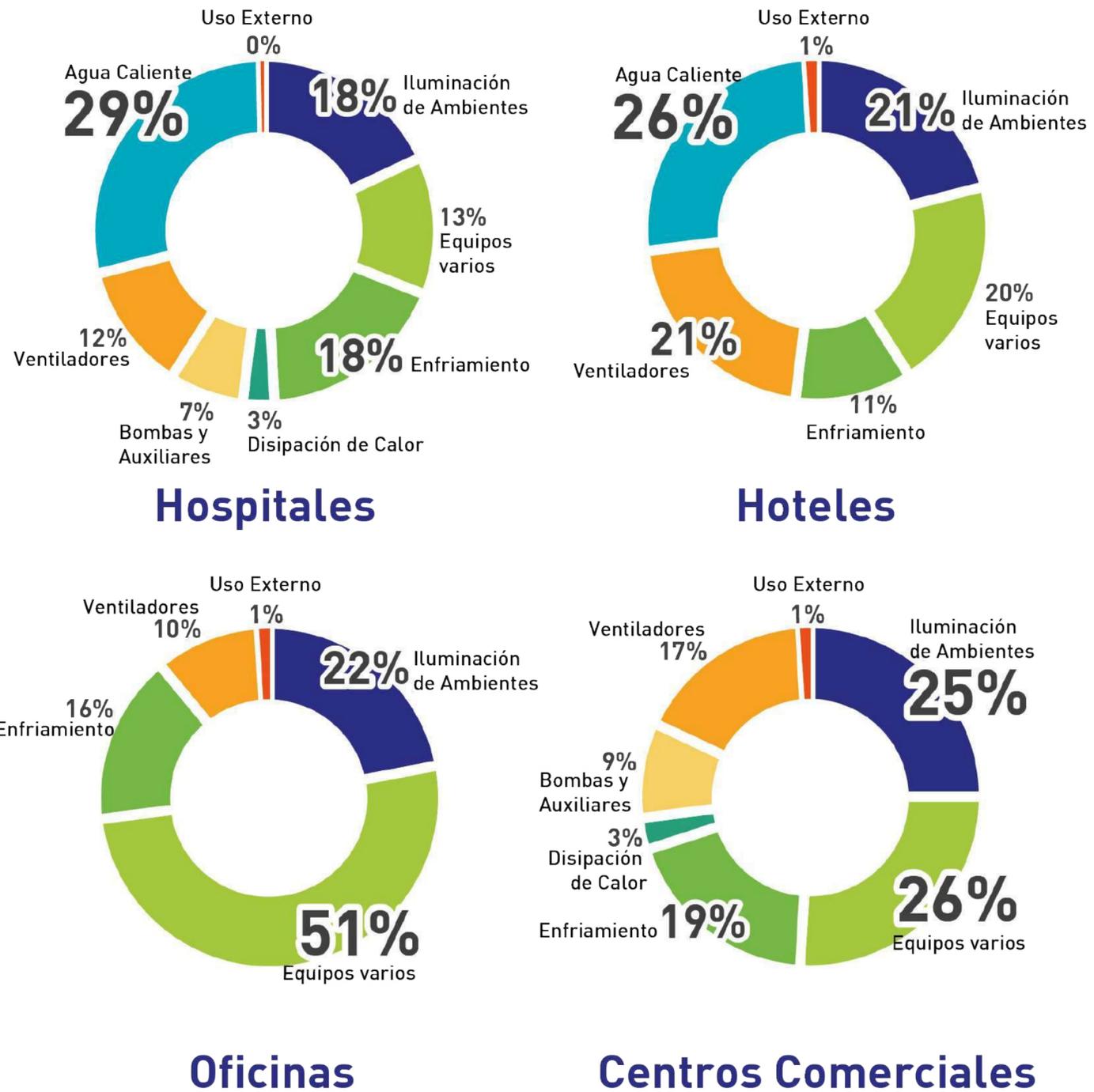
Figura 2. Modelo ideal de gestión sostenible del recurso energético.

A través del Decreto 1285 de 2015 y su resolución reglamentaria 549 de 2015, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio establece los criterios para el ahorro de agua y energía en edificaciones, con carácter obligatorio en el territorio nacional. Los criterios que aplican específicamente para el Valle de Aburrá respecto al consumo de energía se listan en la Tabla 2.

Tabla 2. Línea base de consumos de energía eléctrica por tipología edilicia para el Valle de Aburrá (Zona Climática Templada). Fuente: IFC & CAMACOL (2012) y Porcentajes obligatorios de disminución. Fuente: Decreto 1285 de 2015

Tipología	Línea base de consumos para la Zona climática templada (kWh/m ²)	Porcentajes de reducción obligatorios con respecto a los valores de la línea base nacional (Decreto 1285 de 2015)	
		Durante el año 2016	A partir del año 2017
Hoteles	151,3	15%	35%
Hospitales	108,3	15%	25%
Oficinas	132,3	15%	30%
Centros comerciales	187,8	15%	40%
Educativos	44,0	15%	40%
Vivienda no VIS	48,3	10%	25%
Vivienda VIS	44,0	10%	15%
Vivienda VIP	53,3	10%	15%

4.2.1.1. Usos de la energía eléctrica de acuerdo con el tipo de edificación



Las Figuras 3 y 4 presentan las funciones y equipamientos más representativos de las edificaciones y el porcentaje de consumo energético del que son responsables. A partir de esta información, puede identificarse cuáles de estos representan un mayor consumo para el tipo de edificación que se está proyectando, y de esta forma definir el enfoque de ahorro energético y las estrategias que serían de mayor eficacia para alcanzarlo.

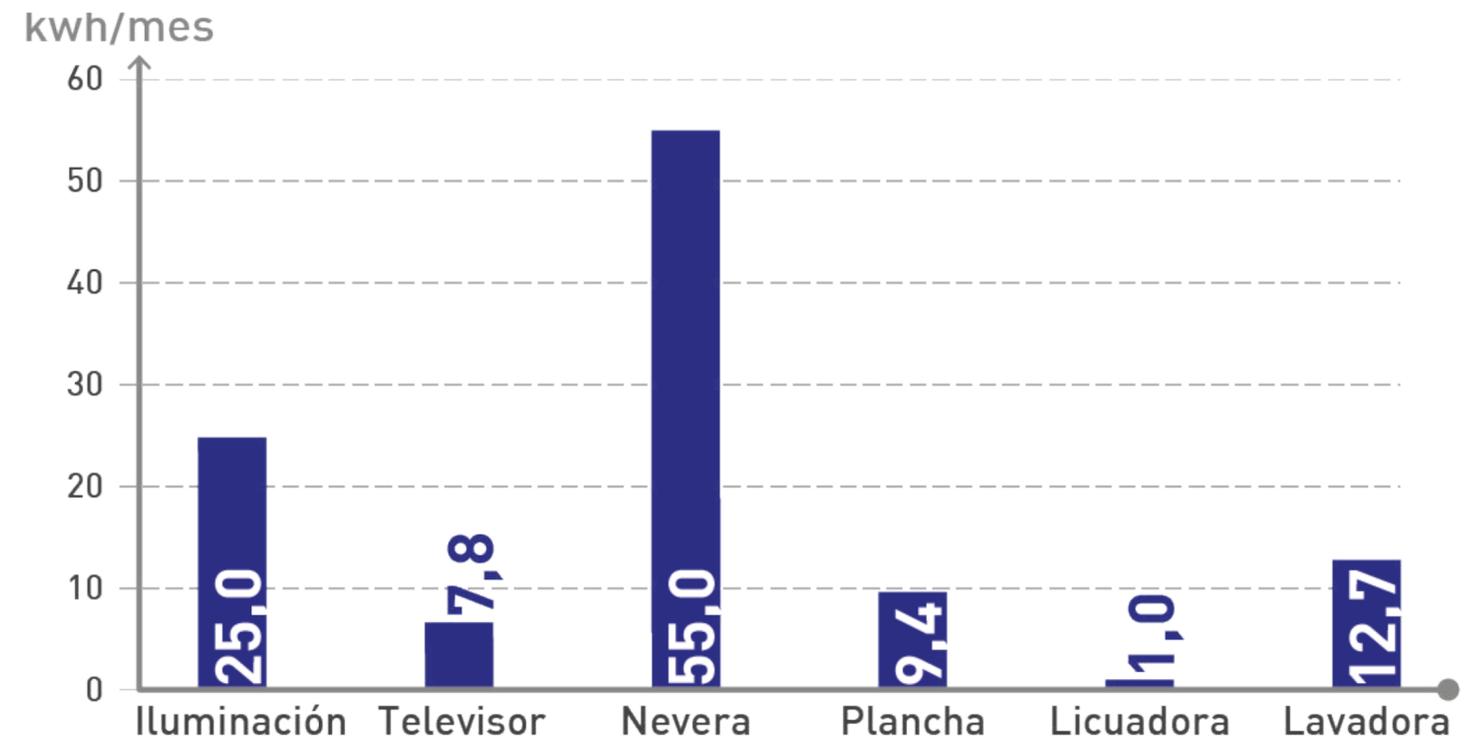


Figura 3. Desglose del uso de la energía en edificaciones no residenciales. Adaptado de (International Consultant Team., 2013).

Figura 4. Consumo de Energía en kWh-mes, por dispositivo en viviendas. Estudio realizado para estratos 1, 2 y 3 (Colombia). Fuente: Adaptado de (EPM, 2014.)

4.2.2. Diseño Pasivo



El concepto de diseño pasivo, hace referencia al diseño que aprovecha y potencializa las condiciones climáticas de su entorno, con el fin de mantener o propiciar un ambiente interno confortable para sus usuarios, reduciendo al máximo, optimizando o incluso eliminando por completo, la necesidad de hacer uso de algunos sistemas de acondicionamiento artificial.

4.2.2.1. Orientación del Proyecto en relación al Sol

Justificación

La orientación es uno de los factores que mayor influencia tienen en el comportamiento térmico de las edificaciones, pues define, entre otras características, como interactúa el sol con el proyecto. Debido a su cercanía a la Línea del Ecuador, en la latitud en la cual está localizado el Valle de Aburrá, no se perciben grandes inclinaciones, a norte y sur, en el movimiento aparente del sol en el firmamento. Por esta razón, las orientaciones que presentan mayor incidencia de los rayos del sol a lo largo del año son la Oriental y la Occidental, o el naciente y el poniente, como se les referencia coloquialmente.

Una correcta orientación de una edificación, en relación con la posición del sol, tiene una gran influencia en el comportamiento térmico de esta. Dos edificaciones pueden ser formal y físicamente iguales, pero si están orientadas diferente, tendrán un comportamiento térmico totalmente desigual. Una buena orientación con relación al sol, implica una considerable disminución o ganancia de calor, lo que facilitará mantener el confort térmico de sus ocupantes, de acuerdo con las necesidades interiores de mayor o menor temperatura que el exterior, lo cual implicará una menor demanda energética de la edificación.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes en la fase de operación.
- Generar condiciones de bienestar higrotérmico en ambientes interiores y exteriores, según las actividades y tiempos de permanencia.



Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación	Etapas de construcción - Fase de obra	Fase de operación
Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental y/o eficiencia energética.	Arquitecto, residente y/o Director de obra e Interventor.	No aplica

Descripción del lineamiento

En general, para la latitud en que se cuenta el Valle de Aburrá, se recomienda que las edificaciones orienten sus fachadas más largas perpendicularmente al eje norte-sur, haciendo uso de sombreado y protecciones solares cuando sea necesario, y que se orienten las fachadas más cortas, encarando las otras dos orientaciones, para las que además se aconseja que su envolvente sea predominantemente opaca, con aberturas pequeñas y protegidas de la incidencia solar directa. Esta es una estrategia apropiada y altamente efectiva en aquellos casos donde el lote y las posibilidades de implantación permitan su aplicación. Por ejemplo, en estructuras urbanas altamente consolidadas se dificulta el proceso, pues el trazado urbano normalmente define orientaciones específicas, en muchas ocasiones permitiendo una sola fachada hacia el exterior. Esta condición no le resta importancia a este parámetro, sino que por el contrario, implica un reto de diseño bioclimático mayor en el diseño de cerramientos más eficientes al control solar.

Siempre que sea posible, se recomienda seguir los parámetros de la "Orientación ideal" descrita anteriormente, pero en casos donde esto no sea posible, es indispensable que las fachadas sean protegidas de la radiación directa del sol con ayuda de otro tipo de estrategias que serán enunciadas en ítems posteriores.

4.2.2.1. Orientación del Proyecto en relación al Sol

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación	<p>La orientación como estrategia depende predominantemente de las decisiones tomadas en esta etapa. Para su correcta aplicación se recomienda:</p> <ul style="list-style-type: none">• Verificar el norte geográfico de acuerdo con lo recomendado la Guía nº 1.• Evaluar la posición del lote en relación al norte, determinando las restricciones que este pueda presentar para una libre orientación del proyecto.• De ser factible, orientar las fachadas de mayor extensión perpendicularmente al eje norte-sur y evitar grandes aberturas desprotegidas en las demás orientaciones. En casos donde el tamaño o disposición del lote es un condicionante para la orientación del proyecto, se recomienda tratar de localizar las aberturas en fachadas norte y sur, o nororiente y suroriente. Cuando se haga necesario localizar aberturas en orientaciones térmicamente menos favorables, debe mitigarse la radiación directa del sol sobre ese elemento.
Etapa de construcción - Fase de obra	<p>Corroborar que el trazado del proyecto en el lote, corresponda con la orientación con la que fue definido en planos, antes del inicio de la actividad constructiva.</p>
Fase de operación	<p>No aplica</p>

Se aconseja revisar el numeral 5.7 de la *Guía para el Ahorro de agua y energía en edificaciones, Decreto 1285 de 2015*, la ficha no. 27 y los detalles técnicos 22 y 24 de la *Guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyas recomendaciones pueden resultar de gran utilidad para todo tipo de edificaciones.

4.2.2.2. Diseño y ejecución de elementos de protección solar



Justificación

Esta estrategia consiste en hacer uso de diferentes elementos, naturales o artificiales, fijos o móviles, para impedir la incidencia directa de los rayos del sol sobre una porción de la envolvente de la edificación, especialmente la compuesta por elementos traslúcidos.

La radiación solar es una de las principales fuentes de ganancia de calor en ambientes internos y externos, por lo que la proyección de sombra y los elementos de protección solar son usados con el fin de disminuir la ganancia de calor por este medio, así como para evitar las molestias térmicas y visuales, que su incidencia directa sobre la piel, las superficies, el espacio y los planos de trabajo, puede causarle a los usuarios.

De igual forma, en edificaciones donde sea estrictamente necesario el uso de aire acondicionado, la reducción en la ganancia térmica con ayuda de estos elementos, constituye una disminución considerable en la carga de enfriamiento del sistema, que se verá reflejado en una optimización en la demanda energética y en los costos de adquisición y operación del sistema.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes en la fase de operación.
- Generar condiciones de bienestar higrotérmico en ambientes interiores y exteriores, según las actividades y tiempos de permanencia.

Descripción del lineamiento

La definición del elemento de protección por forma, tamaño y posición, depende directamente de la orientación de la fachada donde será instalada. Para su diseño debe tenerse un claro entendimiento de la posición del sol en la bóveda celeste durante los diferentes periodos del año y el día, así como del uso de la carta solar o el diagrama de sombras.

Es importante considerar que las sombras proyectadas sobre la envolvente, que pueden tener un considerable impacto en el microclima del entorno del proyecto, no son únicamente producto de los elementos de protección solar definidos por y para el proyecto. Los elementos del entorno construido, como las edificaciones, y del entorno natural, como los árboles o las masas vegetales, presentes en las cercanías, dentro o fuera del lote del proyecto, pueden proyectar sombra a lo largo del año, sobre las superficies de la edificación que está siendo desarrollada.

Como muchos de estos son elementos sobre los que rara vez se tiene poder de decisión, estos deben ser catalogados como preexistencias del lugar y su impacto debe ser considerado en el proceso de diseño. Es posible, incluso, sacar partido de esta condición, siempre y cuando se tenga presente que esta no es una condición estacionaria. En primer lugar, debido a su condición de externalidad con relación al campo de acción del proyecto, esta puede cambiar fácilmente por decisiones de terceros o por situaciones ajenas, por lo que no deben ser usadas para subsanar la necesidad de protección solar o de mitigación de la radiación incidente, en elementos o espacios altamente dependientes de esta sombra para su apropiado funcionamiento. En segundo lugar, como fue enunciado en el [numeral 1.2.3.4. de la Guía n°1](#), a pesar de seguir un patrón cíclico, la posición aparente del sol sobre el firmamento varía, diaria y anualmente, y en consecuencia así también lo hacen las sombras arrojadas por todos los cuerpos.

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación	Etapas de construcción - Fase de obra	Fase de operación
Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental y/o eficiencia energética.	Arquitecto, residente y/o Director de obra e Interventor.	No aplica

4.2.2.1. Diseño y ejecución de elementos de protección solar

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

Análisis de influencia del entorno:

- Realizar un estudio de la proyección anual de las sombras urbanas para el lote del proyecto que incluya las edificaciones aledañas, los elementos vegetales, puntuales o en masa, que haya en el entorno y cualquier preexistencia que pueda producir sombras considerables sobre el terreno, con el fin de identificar que elementos del proyecto se verán influenciados por estas sombras y durante qué periodos del año y del día.

Diseño de sombras y protecciones solares:

- El dimensionamiento de un elemento de protección solar, además de la orientación de la fachada, dependerá de la incursión solar que se desee dejar entrar al espacio, la posición que se defina para el elemento de protección solar y las dimensiones del elemento de la envolvente que se desee proteger.
- Con base en la orientación de la fachada donde será instalado el elemento de protección solar, definir los periodos del año y las horas del día en que esta fachada recibe radiación solar directa.
- Definir durante qué porción de estos periodos se considera indeseable o tolerable a la incidencia directa de la radiación solar.
- Con ayuda de la carta solar o diagrama de sombras, definir los ángulos de altura solar y acimut máximos que pueden ingresar al espacio.
- Definir las características del elemento más apropiadas para el caso en desarrollo y su localización en fachada en relación al elemento que se desea proteger. Haciendo uso de geometría descriptiva y los ángulos definidos en el ítem anterior, dimensionar los elementos de protección.
- Debe considerarse que si bien el uso de elementos de protección solar es prioritario en las fachadas orientadas al este y especialmente, al oeste, debido a su prolongada exposición diaria a la radiación solar a lo largo del año, esto no significa que las fachadas norte y sur no requieran este tipo de elementos. Ambas fachadas están expuestas a este fenómeno durante una parte del año (ver Guía nº 1) por lo que requieren elementos de protección solar.
- Es importante también tener en cuenta que si el sistema hace uso de masas vegetales como elemento de sombra, estas no pueden encontrarse en su completa capacidad al momento de instalación y pueden transcurrir algún tiempo antes de que estas cumplan su función a plenitud, además de requerir mantenimiento constante.

Etapa de construcción -
Fase de obra

- Asegurarse que los elementos de protección cumplan con las características especificadas en el diseño como dimensiones, ubicación, formas, materialidad, entre otras.
- Asegurarse que los elementos sean instalados según las especificaciones técnicas, en relación al elemento a proteger.

Fase de operación

- Al estar expuestos a la intemperie o los efectos del sol y el ambiente en general, generalmente debe hacerse limpieza y mantenimiento periódico de estos elementos para evitar su deterioro con el tiempo.
- La periodicidad y los procesos bajo los cuales debe hacerse la limpieza y mantenimiento dependerán de la materialidad y el sistema de ensamble e instalación del elemento, y debe definirse según las recomendaciones del proveedor.

Se aconseja consultar el ítem Elementos de protección solar y vidrios de control solar, del numeral 2, Energía pasiva, de la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones, *Decreto 1285 de 2015*, la ficha no. 27 y los detalles técnicos 22 y 24 de la *Guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyas recomendaciones pueden resultar de gran utilidad para todo tipo de edificaciones.

4.2.2.3. Iluminación Natural



Esta estrategia consiste en hacer uso de la luz natural como fuente lumínica, con el fin de suplir total o parcialmente, los requerimientos y necesidades de iluminación de un espacio (ver ítem 4.1.2, Confort Visual). Los factores de diseño para la iluminación natural en la arquitectura responden a estrategias de captación, conducción y transmisión de la luz natural. Esta ingresa en las edificaciones por aberturas y cerramientos traslúcidos, que deben ser regulados para obtener diferentes distribuciones e intensidades lumínicas, los cuales pueden estar localizados en los diferentes componentes de la envolvente, tanto en sus fachadas para luz lateral, como en las cubiertas para iluminación cenital.

Es común que el concepto de iluminación natural se confunda con el de incursión solar, sin embargo, aunque ambos tengan el mismo origen, no hacen referencia al mismo fenómeno ambiental. La radiación solar (ver Guía n°1), es la mayor fuente de energía que tiene la tierra, y posee un componente térmico y otro lumínico.

Las fuentes de luz natural son el sol, el cielo y las superficies de su entorno, que proporcionan luz directa, luz difusa y luz reflejada o indirecta, respectivamente (Lamberts et al., 2004). Cuando la radiación solar entra en la atmósfera, una porción de esta llega directamente a la superficie terrestre como luz directa, mientras que otra porción es diseminada por partículas presentes en el aire, que la interceptan en su recorrido a la superficie terrestre y se define como luz difusa. Así mismo, cuando ambas porciones de esta radiación, directa y difusa, llegan a la corteza terrestre, estas son reflejadas, en mayor o menor medida, por las superficies de los elementos que las reciben en luz reflejada o indirecta.

La incursión solar se presenta cuando el rayo de sol entra directamente a un espacio a través de una abertura o un elemento transparente, transportando al interior del espacio ambos componentes, luz y calor. Efectivamente, ese rayo de sol es una potente fuente directa de luz natural como componente lumínico, pero igualmente, es absorbido por los elementos que lo reciben por su componente térmico, y es reemitido al espacio en forma de calor, lo que puede resultar inconveniente desde el punto de vista de la ganancia y el confort térmico del espacio. Así mismo, la gran intensidad lumínica del rayo, puede resultar excesiva sobre un plano de trabajo, creando reflejos incómodos para los usuarios.

La iluminación natural busca hacer uso de los componentes difuso y reflejado o indirecto de la luz natural, es decir, del componente lumínico que proviene de la radiación solar difuminada por las partículas presentes en la atmósfera y la proveniente de las superficies del entorno del espacio, que reciben luz directa o difusa del sol y el cielo, y la reflejan al entorno, o que pueden ser redireccionadas a los espacios del proyecto por medio de diferentes estrategias. La luz difusa no presenta cargas térmicas por tratarse de ondas de radiación con amplitudes comprendidas entre los 380 y 780 nm (10-9 m), siendo una de las manifestaciones energéticas más eficientes de la naturaleza. En conclusión, esta estrategia busca hacer un aprovechamiento del recurso lumínico de la luz del sol, en sus diferentes manifestaciones, interceptando o mitigando el componente térmico (ver Figura 5).

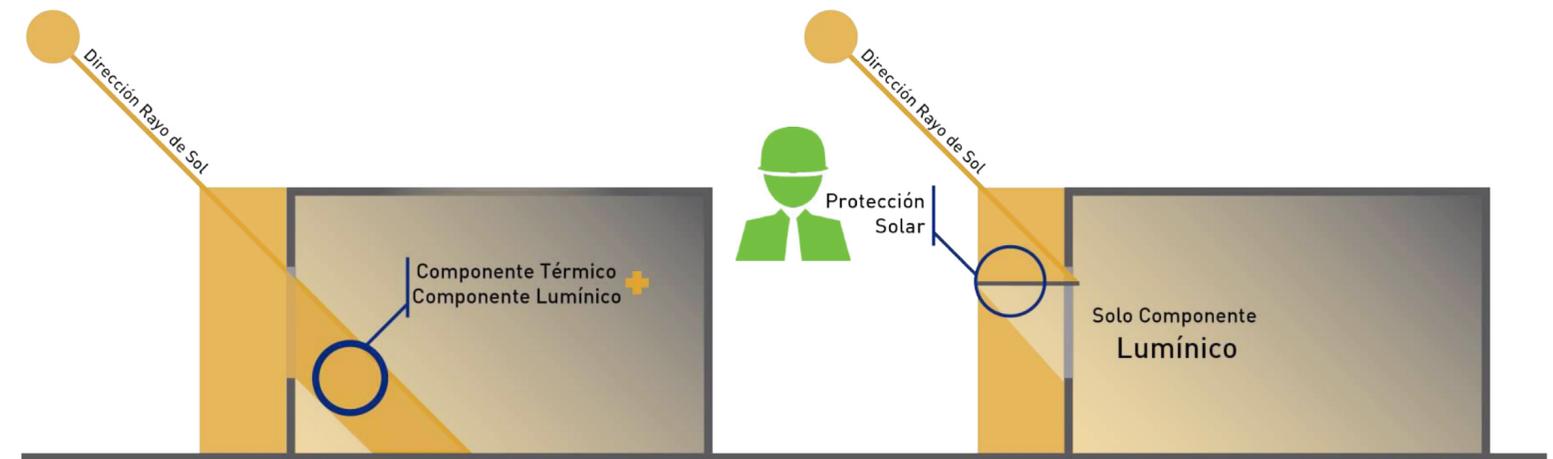


Figura 5. Esquema de la diferencia entre incursión solar e iluminación natural (Elaboración propia)

Justificación

La principal función de la iluminación en un espacio es propiciar el nivel de luz necesario sobre el plano de trabajo, para que los usuarios puedan realizar las tareas visuales de su actividad, de una manera cómoda y segura. A pesar que los niveles de iluminación pueden ser proporcionados por otras fuentes de luz, la respuesta humana a la luz natural es más positiva en términos de salud, bienestar psicológico y desempeño cognitivo, que cuando se está expuesto a sistemas de iluminación artificial.

Por otro lado, la iluminación artificial de los ambientes, es la responsable de entre el 18 y el 25% de la energía consumida en las edificaciones (Línea base PPCS VA, 2015), por esta razón, iluminar un espacio, total o parcialmente, haciendo uso de la luz natural, resultará en un ahorro energético efectivo, y en una disminución de la carga térmica aportada por los dispositivos de los sistemas de iluminación artificial y de las emisiones de CO₂ asociadas al consumo de la energía.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes en la fase de operación.
- Garantizar condiciones de iluminación apropiadas y eficientes en función las tareas visuales de cada espacio arquitectónico.
- Garantizar visuales apropiadas en espacios interiores y exteriores para una correcta relación entre ambiente interior y exterior.

4.2.2.3. Iluminación Natural

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación	Etapa de construcción - Fase de obra	Fase de operación
Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, luminotécnica y/o eficiencia energética.	Arquitecto, residente y/o Director de obra e Interventor.	Dependiendo del dispositivo de fachada o de cubierta usado, podrá hacerse necesaria la contratación de personal capacitado en limpieza y mantenimiento de estos, especialmente porque en gran cantidad de casos, se requiere de trabajo en alturas. La responsabilidad de la contratación de este personal dependerá de la tipología de la edificación, pudiendo estar a cargo del propietario, el departamento de mantenimiento o la administración de la propiedad, entre otros.

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación
<ul style="list-style-type: none"> • Con base en lo estipulado por la normativa técnica (Ministerio de Minas y Energía, 2010), definir el nivel de iluminación requerida para el tipo de actividad que será desarrollado en el espacio. • Revisar normativas técnicas relacionadas con el tipo de edificación a diseñar y definir los parámetros mínimos y restricciones contenidas en estas para aberturas para iluminación. • Definir la estrategia de iluminación a implementar, determinando los mecanismos y dispositivos que se usarán para dar ingreso a la luz por elementos en fachada o cubierta. • Orientar apropiadamente la localización de cada dispositivo, según las condiciones climáticas y del entorno. • Definir la forma, tamaño y ubicación de los dispositivos de fachada y/o cubierta, para garantizar que los niveles de iluminación y los requerimientos normativos sean alcanzados. Dotar de elementos de protección solar cuando sea necesario (ver ítem 4.2.2.2, Diseño y ejecución de elementos de protección solar)

Diseño - Planeación	<ul style="list-style-type: none"> • Adicionalmente, se recomienda el uso de colores claros en techo, paredes, dinteles y sillares, así como en las superficies exteriores de la edificación, para potencializar el componente reflejado o indirecto, y la distribución interior de la luz natural. • Verificar con ayuda de simulación en modelos físicos y/o digitales los niveles de iluminación totales del espacio, bajo la condición de cielo más desfavorable. En el caso de los modelos físicos a escala, debe hacerse uso de sensores que midan iluminación lux o fotocélulas (González, 2007). Para el caso de los modelos digitales, el software usado debe tener en cuenta las variables principales de localización geográfica, orientación de la edificación de acuerdo al norte, condiciones de nubosidad, horas y fechas de evaluación y condiciones de materiales del proyecto.
Etapa de construcción - Fase de obra	<ul style="list-style-type: none"> • Asegurarse que los elementos de protección cumplan con las características especificadas en dimensiones, ubicación, formas y materialidad, entre otras. • Asegurarse que los elementos sean instalados según las especificaciones técnicas de localización en fachadas y cubiertas. • Asegurarse que los elementos de protección solar cumplan con las especificaciones de diseño y que sean instalados apropiadamente, con relación al elemento traslúcido a proteger.
Fase de operación	<ul style="list-style-type: none"> • Al estar expuestos a la intemperie en muchos casos, o los efectos del sol y el ambiente en general, debe hacerse limpieza y mantenimiento periódico de estos elementos para evitar su pérdida de eficiencia y su deterioro con el tiempo. • Dependiendo del tipo de dispositivo y la tipología y forma de la edificación, esta labor puede ir desde una limpieza periódica de vidrios y el mantenimiento de los empaques del marco, hasta procesos de mayor cuidado que pueden requerir entre otras condiciones, trabajo en alturas.

Se recomienda consultar el numeral 5.8 y el ítem Relación ventana-pared, del numeral 2, de la *Guía para el Ahorro de agua y energía en edificaciones, Decreto 1285 de 2015*, la ficha no. 25 y los detalles técnicos 11, 13 y 14 de la *Guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana* del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyas recomendaciones pueden resultar de gran utilidad para todo tipo de edificaciones.

4.2.2.4. Ventilación Natural



Esta estrategia consiste en ventilar los espacios interiores de forma natural, por medio del movimiento del aire producido por las diferencias de presión generadas en el ambiente y su entorno. Esta diferencia de presión puede ser producida por dos fenómenos naturales, el empuje del viento por presión dinámica, o por una diferencia de temperatura definida como presión estática, la cual se denomina como termosifón o efecto chimenea. El aire en movimiento, producido por uno o por ambos fenómenos, entra a la edificación de manera intencional o no intencional a través de su envolvente. En el primer caso por medio de las aberturas definidas para este propósito y en el segundo, por infiltración, condición definida por el ingreso incontrolado del aire exterior por grietas, juntas, intersecciones y por medio de cualquier otro tipo de aberturas involuntarias de la envolvente (Limb, 1992).

Los estudios de ventilación natural parten de identificar los flujos de viento predominantes y su relación con el proyecto, condición que relaciona los estudios de ventilación arquitectónica directamente con su entorno urbanístico, con el fin de orientar, dirigir y/o capturar el viento exterior dependiendo del clima, favoreciendo su entrada al proyecto en climas cálidos y resguardando los espacios de este, en climas fríos.

Para obtener la mayor eficiencia de esta estrategia, debe favorecerse siempre la posibilidad de generar corrientes cruzadas de aire, posicionando aberturas en paredes opuestas o adyacentes. Así mismo, estas deben localizarse preferiblemente a diferentes alturas, para maximizar los efectos de ventilación por efecto chimenea. Esta estrategia permite además extraer aire caliente del interior de los espacios, manteniendo una relación de temperatura y humedad relativa lo más equilibrada posible con las condiciones del exterior, aun cuando no hay presencia de viento.

En los climas cálidos, es importante considerar que esta estrategia es efectiva siempre y cuando la temperatura exterior sea menor a la interior, y en general hasta que esta adquiere un valor de 32°C (Lamberts et al., 2004), pues si la situación fuera inversa, esta dejaría de actuar como una estrategia de enfriamiento pasivo, y comprometería la comodidad térmica de los usuarios. Por otro lado, debe resaltarse que una abertura puede cumplir varias funciones, como ventilar e iluminar, sin embargo, esto no es estrictamente necesario, existen dispositivos de vanos que permiten el paso del viento, impidiendo el ingreso de luz y radiación.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes en la fase de operación.
- Generar condiciones de bienestar higrotérmico en ambientes interiores y exteriores, según las actividades y tiempos de permanencia.
- Garantizar una calidad del aire apropiada para la habitación humana, por medio de renovaciones periódicas del volumen de aire según el uso del espacio y el tiempo de permanencia en los ambientes interiores.

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación

Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, dinámica de fluidos y/o eficiencia energética.

Etapas de construcción - Fase de obra

Arquitecto, residente y/o Director de obra e Interventor.

Fase de operación

Dependiendo del dispositivo de fachada o de cubierta usado, podrá hacerse necesaria la contratación de personal capacitado en limpieza y mantenimiento de estos, especialmente porque en gran cantidad de casos, se requiere de trabajo en alturas. La responsabilidad de la contratación de este personal dependerá de la tipología de la edificación, pudiendo estar a cargo del propietario, el departamento de mantenimiento o la administración de la propiedad, entre otros.

Justificación

Existen múltiples razones por las cuales un espacio necesita ser ventilado. Todos los espacios interiores requieren de una correcta renovación del volumen de aire contenido, debido a las cargas de ocupación y a la actividad que realizan las personas, así como la respiración y la transpiración. Todo esto genera olores, vapores de cocción, incremento en la temperatura, variaciones en la humedad relativa del aire y concentración de CO₂. Esta primera función del aire es denominada ventilación higiénica, y la tasa a la cual esta debe realizarse, depende del programa del espacio y sus necesidades específicas, las cuales pueden definirse según lo estipulado por la NTC 5183 – Ventilación para una calidad aceptable del aire en espacios interiores.

La segunda función es el enfriamiento estructural, que consiste en retirar, haciendo uso de este recurso, la carga térmica absorbida por la edificación durante el periodo de exposición a la radiación solar, así como las ganancias internas de calor, producidas por los usuarios y los equipamientos (Bittencourt & Cândido, 2010).

4.2.2.4. Ventilación Natural

La ventilación natural en los proyectos además de atender factores relacionados directamente con la salud de las personas, presenta una importante relación con su sensación térmica, a partir de la velocidad del aire y el intercambio de calor por convección. Esta, la tercera función de la ventilación, es denominada enfriamiento fisiológico de los usuarios.

Las bondades de la ventilación dentro del espacio construido pueden obtenerse por diferentes medios y sistemas, sin embargo, alcanzarlas haciendo uso de la ventilación natural, tiene adicionalmente el beneficio de no incurrir en un mayor consumo de energía en la edificación, lo que resultará en un ahorro efectivo de esta. Por otro lado, permite evitar el gasto adicional de la compra e instalación de sistemas artificiales y las emisiones de CO₂, asociadas al consumo de la energía que necesitarían estos para su funcionamiento.

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

- De acuerdo con los datos de ruido, viento y calidad del aire, levantados en la etapa de caracterización del lugar (ver Guía n°1), determinar la pertinencia del uso de ventilación natural en cada espacio.
- Definir las necesidades de renovación de aire del espacio, de acuerdo con las normativas.
- Revisar la normativa especializada que regule el diseño de la tipología de edificación que se está diseñando, y verificar parámetros relacionados al área de abertura en fachada para ventilar.
- De acuerdo con las necesidades de renovación del espacio, la velocidad media a la altura de la ventana (ver Guía n°1) y el volumen del espacio, calcular el área efectiva necesaria para dar cumplimiento a estos parámetros.
- De acuerdo con las direcciones predominantes de donde proviene la corriente de viento, definir la ubicación de las aberturas. En lo posible, distribuir el área en por lo menos dos fachadas para favorecer una ventilación cruzada. Así mismo, en lugares templados y cálidos, propender por que el flujo de aire pase a la altura en la que se encuentran los usuarios, para mejorar su sensación térmica.
- Definir el tipo de dispositivo de fachada a ser instalado.
- Con base en el área efectiva necesaria para los vanos de ventilación, y el factor de descarga del tipo de dispositivo escogido, calcular el área real de las aberturas.
- Dotar de elementos de protección solar aquellas aberturas, que por su orientación y tipo de dispositivo, así lo requieran.

Diseño - Planeación

- Una vez definidas las estrategias de captación de aire desde el exterior del proyecto, conviene revisar la configuración interior de los espacios en función del recorrido de los flujos de aire, considerando que en muchos casos el aire que pasa por un cuarto, puede convertirse en un factor contaminante para un espacio contiguo, especialmente cuando proviene de cuartos de baño y cocinas. Si esto ocurre, debe definirse una estrategia arquitectónica, como patios, buitrones o sistemas de ventilación por cámaras en paredes o entrepisos, para anular este efecto.

Etapa de construcción -
Fase de obra

- Asegurarse que los elementos de protección cumplan con las características especificadas como dimensiones, ubicación, formas y materialidad, entre otras.
- Asegurarse que los elementos sean instalados según las especificaciones técnicas de localización en fachadas.
- Asegurarse que los elementos de protección solar cumplan con las especificaciones de diseño y que sean instalados apropiadamente, con relación al elemento traslúcido a proteger.

Fase de operación

- Al estar expuestos a la intemperie en muchos casos, o los efectos del sol y el ambiente en general, debe hacerse limpieza y mantenimiento periódico de estos elementos para evitar su pérdida de eficiencia y su deterioro con el tiempo.
- Dependiendo del tipo de dispositivo y la tipología y forma de la edificación, esta labor puede ir desde una limpieza periódica de vidrios y el mantenimiento de los empaques del marco, hasta procesos de mayor cuidado que pueden requerir entre otras condiciones, trabajo en alturas.

Para orientaciones adicionales sobre este punto, se aconseja consultar el numeral 5.2 de la *Guía para el Ahorro de agua y energía en edificaciones, Decreto 1285 de 2015*, la ficha no. 26 y los detalles técnicos 16 y 17 de la *Guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana*, del Ministerio de ambiente y desarrollo sostenible, las cuales pueden resultar de gran utilidad para todo tipo de edificaciones.

4.2.3. Iluminación Artificial



A lo largo de la historia, la iluminación natural siempre ha sido la principal fuente de luz en la arquitectura. Sin embargo, en las épocas posteriores al descubrimiento de la electricidad y la invención de la bombilla, la iluminación artificial se ha convertido en un equipamiento indispensable en las edificaciones (Lamberts et al., 2004), que permite la continuidad de las actividades una vez se inicia el periodo nocturno. Así mismo, hace posible el uso de espacios, que debido a su posición en la edificación, o una actividad altamente fotosensible, no tienen la posibilidad de hacer uso de la luz natural como fuente de iluminación.

Sin embargo, el uso inapropiado o excesivo de los sistemas artificiales de iluminación artificial, bien sea por la ineficiencia del diseño del sistema o el uso de componentes de baja eficiencia, constituye uno de los principales factores de gasto energético en la edificación. Por consiguiente, un buen diseño de estos sistemas y la reducción de la dependencia de la edificación de estos, es una importante oportunidad para disminuir el gasto energético en el ambiente construido.

4.2.3.1. Iluminación Conjugada

Justificación

La incursión útil de la luz natural a un espacio a través de una ventana, está limitada a una distancia de aproximadamente 1.5 veces la altura de la parte superior de dicha ventana (Lamberts et al., 2004). Esta condición significa para la iluminación del espacio, que dependiendo de la altura libre de este y de la ventana, parte del espacio podría no estar suficientemente iluminado, si sólo se hace uso de la luz natural como fuente de iluminación.

La estrategia de iluminación conjugada, parte de entender la complementariedad que existe entre ambos sistemas de iluminación, el natural y el artificial, y cómo esta puede ser traducida en el diseño del espacio. El objetivo es iluminar naturalmente la porción del espacio que las aberturas para iluminación estén en capacidad de iluminar totalmente y en hacer uso de la iluminación artificial, para complementar parcial o totalmente la iluminación en las áreas restantes, según sea la necesidad.

Esta estrategia permite hacer uso de la luz natural como fuente primaria de iluminación en el espacio, garantizando simultáneamente, con ayuda de la iluminación artificial como fuente secundaria, que los niveles de iluminación adecuados para las actividades sean mantenidos sobre todo el plano de trabajo, cuando la fuente primaria sea insuficiente.

De esta forma, los usuarios pueden realizar las tareas visuales de su actividad de una manera cómoda y segura, haciendo un uso eficiente de la iluminación artificial, sin incurrir en gastos energéticos innecesarios. Paralelamente, pueden obtener los beneficios fisiológicos y ambientales, del uso de la luz natural.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes en la fase de operación.
- Extender el uso de la iluminación natural como soporte de sistemas de luz artificial.
- Garantizar condiciones visuales apropiadas en espacios interiores y exteriores, de acuerdo con la tarea visual a realizar.

Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación

Estrategia: Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, luminotecnía y/o eficiencia energética.
Diseño luminotécnico luz artificial, circuitos y cableado de soporte: Ingeniero electricista.

Etapas de construcción - Fase de obra

Supervisión: Arquitecto, Director o Residente de Obra e Interventor del Proyecto.
Instalación: Electricista

Fase de operación

Dependiendo de la tipología de la edificación, esta labor puede estar a cargo del propietario, el departamento de mantenimiento o funcionarios de la administración de la propiedad, entre otros.



4.2.3.1. Iluminación Conjugada

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

- Antes de dar inicio al diseño luminotécnico del espacio, debe realizarse un estudio del comportamiento de la iluminación natural en este. Existen diferentes sistemas de representación y simulación de las condiciones de iluminación al interior de los espacios arquitectónicos. Las simulaciones digitales por software no son las únicas herramientas para realizar estos estudios, pero son versátiles y permiten la simulación de diferentes condiciones en un tiempo relativamente corto. Las simulaciones deben tener en cuenta las variables principales de localización geográfica, orientación de la edificación de acuerdo al norte y condiciones de nubosidad. Las evaluaciones deben realizarse para varios periodos del año y por lo menos para dos momentos del día, preferiblemente mañana y tarde.
- En los resultados arrojados por las simulaciones, se identifican las zonas que presentan autonomía lumínica y las que requieren de apoyo de la iluminación artificial durante algún periodo del día.
- Se realiza la distribución de las luminarias según el diagrama polar de la tipología que se desea usar (Ver numeral 4.2.3.2, Dispositivos eficientes de Iluminación), para alcanzar los niveles de iluminación requeridos en todo el plano de trabajo, durante una ausencia total de luz natural en periodo nocturno.
- Se sobreponen los diagramas para definir las luminarias que servirían las áreas que no están suficientemente iluminadas durante el día.
- Se define la instalación de circuitos diferenciados por zonas, que permitan encender los dispositivos progresivamente, a lo largo del día, según la necesidad del espacio. La cantidad de circuitos necesarios dependerá del tamaño del espacio y de la complejidad del sistema.

Etapa de construcción - Fase de obra

- Instalar el cableado, las luminarias y los dispositivos de encendido/apagado como Interruptores, dimerizadores o sensores, según sea el caso, en la cantidad y de acuerdo con las especificaciones técnicas definidas en el diseño, y según las especificaciones de los dispositivos, y cumpliendo con lo estipulado por la norma técnica (RETIE (Ministerio de Minas y Energía, 2013)).
- Asegurarse que las luminarias estén conectadas al circuito correcto, según las especificaciones definidas en el diseño, y que el sistema esté instalado bajo las condiciones definidas como apropiadas por las normas técnicas (Ministerio de Minas y Energía, 2010).

Fase de operación

- El mantenimiento de este tipo de sistemas es igual al de una instalación eléctrica y de iluminación artificial convencional.

Se recomienda consultar el numeral 3.3.1, de la *Guía para el Ahorro de agua y energía en edificaciones, Decreto 1285 de 2015.*

4.2.3.2. Dispositivos Eficientes de Iluminación



Justificación

El sistema de iluminación artificial, es uno de los componentes indispensables de la edificación. Como se mencionó con anterioridad, puede trabajar conjuntamente con la luz natural, para proporcionar niveles de iluminación apropiados, en las áreas que la iluminación natural no alcanza a servir durante las horas de sol, y así mismo permite la continuidad de las actividades cuando éste no está disponible.

Uno de los componentes más importantes del sistema de iluminación artificial, que a su vez efectúa el consumo energético, es el dispositivo que produce el flujo luminoso, es decir la lámpara. Las lámparas pueden ser de diversos tipos, formas y pueden generar diferentes tipos y calidades de luz. A la hora de seleccionar estos dispositivos es importante considerar 6 parámetros importantes, el rendimiento cromático, la eficiencia luminosa, la vida útil, la energía consumida, el costo inicial y el costo total (Lamberts et al., 2004). En el mercado actual, los tipos de lámparas disponibles pueden dividirse en 3 grupos, las que producen irradiación por efecto térmico como las incandescentes comunes, reflectoras y halógenas, las que lo hacen por descargas en gases o vapores como las fluorescentes comunes, compactas y lámparas de vapor de mercurio y los nuevos tipos de lámparas como las microondas, fluorescentes de inducción y LED.

Las lámparas pertenecientes al primer tipo, a pesar de tener una buena reproducción cromática y un bajo costo inicial, no se recomiendan debido a su alto consumo energético, corta vida útil y disipación de calor. Las lámpara fluorescentes, por otro lado, poseen una vida útil media, considerablemente mayor que la de las del tipo anterior, son más eficientes energética y lumbinosamente, y depende de la clase de lámpara fluorescente, se puede obtener una reproducción cromática de regular a buena. Es importante que este tipo de lámparas tengan una disposición final apropiada una vez finalizada su vida útil, porque de lo contrario representan un alto impacto ambiental, debido a que tienen componentes altamente contaminantes. Finalmente, los nuevos tipos de lámparas, son todos altamente eficientes energética y lumbinosamente, poseen una larga vida útil y una buena reproducción cromática, y aunque su costo inicial es elevado en comparación con otros tipos de lámparas, debido a su larga durabilidad, éste se ve compensado en una reducción en el costo de los servicios públicos y en la necesidad de ser reemplazadas constantemente.

Otros elementos del sistema como las luminarias pueden ayudar a mejorar la eficiencia de este, así como los dispositivos de control y los sensores de presencia, fotoeléctricos o temporizadores, que ayudan a garantizar que el sistema esté en funcionamiento sólo cuando es necesario, evitando así el uso inapropiado o innecesario del sistema de iluminación artificial, redundando por lo tanto en una economía energética.

Siendo un sistema de uso obligatorio en la mayoría de edificaciones y considerando que todo espacio necesita de por lo menos un punto de iluminación artificial, el tipo de dispositivo que se use en el sistema

tendrá gran influencia en el consumo energético de la edificación. Como fue mencionado con anterioridad, la iluminación artificial es la responsable por entre el 18 y el 25% del consumo total de la edificación según su tipología (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2015), por lo tanto un dispositivo más eficiente, que consume menos, implica una importante oportunidad de ahorro energético, valorado entre un 5 y un 25% dependiendo del tipo de edificación (Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio, 2015).

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes en la fase de operación.

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación

Estrategia: Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, luminotecnia y/o eficiencia energética.
Diseño luminotécnico luz artificial, circuitos y cableado de soporte: Ingeniero electricista.

Etapas de construcción - Fase de obra

Supervisión: Arquitecto, Director o Residente de Obra e Interventor del Proyecto.
Instalación: Electricista

Fase de operación

Dependiendo de la tipología de la edificación, esta labor puede estar a cargo del propietario, el departamento de mantenimiento o funcionarios de la administración de la propiedad, entre otros.

4.2.3.1. Iluminación Conjugada

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

- Una vez definido el nivel de iluminación y reproducción cromática necesarios para la actividad que será realizada en el espacio, considerando lo estipulado por la normativa técnica local (RETILAP (Ministerio de Minas y Energía, 2010) y NTC específicas de la edificación), pre-seleccionar las lámparas que cumplan con estos requisitos.
- Definir cuál lámpara o combinación de lámparas serán usadas, de acuerdo a la tipología de la edificación, la estética del espacio y los recursos de adquisición.
- Seleccionar las luminarias que se ajusten al tipo de lámpara, las intenciones proyectuales y la disponibilidad de recursos.
- Realizar el diseño eléctrico y luminotécnico del sistema de iluminación artificial, de acuerdo con lo definido por el RETIE y RETILAP y considerando lo enunciado en los ítems Iluminación natural e Iluminación conjugada, del presente documento.

Etapa de construcción - Fase de obra

- **Instalación del cableado eléctrico, de acuerdo con lo definido en la etapa de diseño.**
- **Instalación de luminarias, y demás dispositivos de apoyo como sensores, tomacorrientes e interruptores, entre otros.**
- **Instalación de las lámparas según especificaciones del diseño.**

Fase de operación

- El mantenimiento de este tipo de sistemas es igual al de una instalación eléctrica y de iluminación artificial convencional.
- A pesar de que debería hacer parte habitual de las actividades de mantenimiento, la limpieza de las luminarias es una práctica poco común en el medio. Se recomienda que esta se realice periódicamente, con el fin de conservar estas en buen estado para garantizar el flujo luminoso.

Los numerales 3.3.1 y 3.3.2 de la *Guía para el Ahorro de agua y energía en edificaciones, Decreto 1285 de 2015*, y la ficha no. 31 de la *Guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de la vivienda urbana*, contienen información sobre algunos de estos dispositivos que pueden resultar útiles en el proceso.

4.2.4. Acondicionamiento térmico



A pesar de que las condiciones climáticas de los municipios pertenecientes al Área Metropolitana del Valle de Aburrá no presentan cambios extremos a lo largo del año y durante el día, no siempre es posible alcanzar las condiciones higrotérmicas y de calidad ambiental apropiadas dentro de un espacio, haciendo uso únicamente de los recursos naturales. Dependiendo del programa arquitectónico de las edificaciones, y de las exigencias térmicas, acústicas o higiénicas de un espacio, en ocasiones se hace inevitable el uso de algún tipo de sistema de climatización mecánica.

Debido a que las edificaciones y espacios que se ven obligados a hacer usos de estos sistemas, tendrán indiscutiblemente un incremento en la demanda de energía, el diseño y eficiencia del sistema, así como de los equipamientos o dispositivos que sean usados, son factores que tendrán un gran impacto en el consumo energético de la edificación en el tiempo de operación, y constituyen una estrategia importante para mantener este consumo extra dentro de lo que es realmente necesario.

A esta categoría pertenecen tanto los sistemas de aire acondicionado o calefacción, puntuales y centrales, como los dispositivos de ventilación o calentamiento de apoyo, es decir, ventiladores de techo, pared o móviles, extractores mecánicos, calentadores, estufas y chimeneas.

4.2.4.1. Acondicionamiento térmico mixto

Justificación

Si bien existen espacios dentro de las edificaciones que requieren un alto nivel de aislamiento y hermeticidad para evitar el ingreso o salida de agentes patógenos o contaminantes, que necesitan de una temperatura estable a lo largo del día o que requieren de un apoyo mecánico para garantizar una buena calidad del aire o el confort térmico de sus usuarios, raramente son condiciones que se exigen en la totalidad de las edificaciones.

Esta estrategia busca aplicar el mismo concepto que la iluminación conjugada, procurando alcanzar de forma natural las condiciones térmicas, acústicas y de calidad de aire adecuadas, usando los diferentes sistemas de acondicionamiento mecánico o artificial como apoyo, en la medida que se haga necesario.

De esta forma se garantiza que los espacios tengan una calidad ambiental interior adecuada, según sus necesidades, sin incurrir en el uso excesivo o desnecesario de sistemas que puedan aumentar el consumo energético de la edificación.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes interiores en la fase de operación.
- Generar condiciones de bienestar higrotérmico en ambientes interiores y exteriores de edificaciones, según las actividades y tiempos de permanencia.
- Garantizar una calidad del aire apropiada para la habitabilidad humana, por medio de renovaciones periódicas del volumen de aire según el uso del espacio y el tiempo de permanencia en los ambientes interiores.

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación	Etapa de construcción - Fase de obra	Fase de operación
<p>Estrategia: Arquitecto con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, ventilación y /o eficiencia energética.</p> <p>Diseño del sistema: Ingeniero mecánico.</p>	<p>Supervisión: Arquitecto, Director o Residente de Obra e Interventor del Proyecto.</p> <p>Instalación: Personal capacitado por el proveedor del sistema.</p>	<p>Los procedimientos de mantenimiento y reparación de todos los dispositivos deben ser realizados por personal calificado para hacerlo.</p> <p>La limpieza de los componentes interiores y exteriores a nivel de piso puede ser realizada por el personal de limpieza. La limpieza de la parte exterior de las ventanas que superen estas condiciones, debe ser realizada por personal capacitado para trabajo en alturas, con las debidas medidas de seguridad. Dependiendo de la tipología de la edificación, esta labor puede estar a cargo del propietario, el departamento de mantenimiento o funcionarios de la administración de la propiedad, entre otros.</p>

4.2.4.1. Acondicionamiento térmico mixto

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

La definición de esta estrategia dependerá en gran medida de si en el debido programa arquitectónico existen o no espacios en los cuales la climatización artificial sea de obligatorio uso.

Caso 1: Edificación con espacios con uso obligatorio de acondicionamiento artificial.

- Identificar sobre la planimetría de la edificación, los espacios que deben tener climatización artificial.
- Identificar y localizar los espacios restantes.
- Definir las necesidades de ventilación de dichos espacios.
- Identificar y localizar espacios que no tengan fachadas en contacto con el exterior o con espacios abiertos al interior de la edificación, patios o similares, y aquellos cuya fachada exterior es reducida.
- Definir la pertinencia de usar ventilación natural para cada espacio (ver ítem 4.2.2.4, Ventilación natural), y definir la estrategia.
- Asegurarse que los espacios que no están en contacto con las fachadas exteriores tengan acceso a ductos que atraviesen la edificación vertical u horizontalmente (buitrones o plenums).
- Clasificar los espacios en 3 categorías: espacios ventilados naturalmente, espacios con acondicionamiento artificial obligatorio y espacios que requieren apoyo mecánico. Representar esta clasificación sobre la planimetría.
- Con base en esta clasificación diseñar el sistema de acondicionamiento artificial y definir el tipo de dispositivo de apoyo para cada espacio que lo requiera, considerando dentro de las posibilidades, los sistemas o dispositivos presentados en el ítem 4.2.4.2, Sistemas y dispositivos de acondicionamiento térmico por fuentes de energía renovables.

Caso 2: Edificaciones con espacios sin obligatoriedad de uso de acondicionamiento artificial.

- Debe realizarse el mismo procedimiento antes enunciado, omitiendo los dos primeros puntos.
- En estos casos, un sistema de acondicionamiento artificial solo será usado cuando los profesionales a cargo determinen que su uso es necesario, a pesar de no ser obligatorio, por alguna condición ambiental particular.

Etapa de construcción -
Fase de obra

- Instalación del sistema de acondicionamiento artificial, de los dispositivos para ventilación en fachada y los dispositivos de apoyo, según lo definido en la etapa de diseño, y acorde con las especificaciones técnicas de cada producto.
- Asegurarse de que sean implementadas todas las medidas necesarias para reducir efectos secundarios adversos asociados al uso de estos equipos, como ruido de impacto por la vibración y el calor producido por los mecanismos durante su operación.
- Propender por la hermeticidad de los espacios, especialmente aquellos donde se hará uso del acondicionamiento artificial, cuidando que no hayan espacios entre juntas, grietas, o espacios en las uniones entre dos elementos, para evitar la infiltración y fuga del aire, que pueden disminuir la eficiencia del sistema.

Fase de operación

- Todos los componentes del sistema de acondicionamiento térmico mixto, requieren de una limpieza y mantenimiento preventivo periódicos. La periodicidad de estos depende de si el elemento hace parte del sistema artificial, si es un dispositivo de apoyo o si es un dispositivo de fachada, y deben ser definidos con ayuda del proveedor.
- Cuando se presente una falla mecánica o un evento similar, el mantenimiento correctivo debe ser realizado con la mayor brevedad, con el fin de preservar la integridad del elemento y evitar daños a otros elementos y al sistema.

La *Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones, Decreto 1285 de 2015*, en su numeral 3 "Energía-Medidas Activas", presenta varias estrategias que pueden ser de gran utilidad para aumentar la eficiencia de los sistemas de acondicionamiento artificial (ver numerales 3.3.3, 3.3.4, 3.3.5 y 3.3.6).

4.2.4.2. Sistemas y dispositivos de acondicionamiento térmico por fuentes de energía renovables



Justificación

Como complemento a los sistemas de acondicionamiento descritos en el numeral anterior, en este capítulo se incluye en el proceso de acondicionamiento térmico de espacios, sistemas pasivos y mecánicos que incluyen en sus tecnologías, fuentes de energía renovables para su funcionamiento.

Estas estrategias de diseño permiten garantizar que los espacios tengan una calidad ambiental interior adecuada, según sus necesidades, como alternativa a la implementación de sistemas convencionales de acondicionamiento y climatización con elevados niveles de consumo energético.

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación	Etapa de construcción - Fase de obra	Fase de operación
<p>Definición de la estrategia y diseño de los sistemas: Ingeniero mecánico con postgrado en sistemas de generación de energía por fuentes renovables y/o alternativas, con experiencia mínima certificada en diseño de sistemas de generación de energía por fuentes renovables y/o alternativas y sistemas de acondicionamiento pasivos y mecánicos.</p> <p>Análisis Financiero del Sistema: Ingeniero y/o Analista financiero con experiencia en la evaluación de sistemas de generación de energía.</p>	<p>Instalación y Supervisión: Ingeniero con postgrado en sistemas de generación de energía por fuentes renovables y/o alternativas, con una experiencia mínima certificada en diseño de sistemas de generación de energía por fuentes renovables y/o alternativas y sistemas de acondicionamiento pasivos y mecánicos.</p> <p>Instalación: Técnicos o tecnólogos eléctricos, electricistas, electrónicos, mecatrónicos y mecánicos con formación en temas relacionados con sistemas de acondicionamiento de aire.</p>	

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aprovechar energías renovables y alternativas para la generación de energía eléctrica y/o térmica que alimente los sistemas de acondicionamiento pasivos o mecánicos, contribuyendo a mitigar la Huella de Carbono.
- Garantizar una calidad del aire apropiada para la habitación humana, por medio de renovaciones periódicas del volumen de aire según el uso del espacio y el tiempo de permanencia en los ambientes interiores.
- Aumentar la eficiencia energética, al mesurar los consumos de energía eléctrica de los proyectos aun desde la fase de diseño de los mismos.

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el potencial de generación de energía eléctrica a partir del sol y viento, así como de energía térmica solar para un determinado lugar del Valle de Aburrá. Realizar con equipos/instrumentos debidamente calibrados por el CIDET, o laboratorios autorizados y certificados por el CIDET u otras agencias internacionales pertinentes, las mediciones y registro de datos de velocidad del viento, radiación solar, temperatura y humedad. Estos registros se deben hacer idealmente por lo menos durante un año "in situ" antes de iniciar con el proyecto. Los datos e información registrada deben ser luego contrastados y comparados contra la información de las bases de datos meteorológicas del IDEAM, de los aeropuertos locales o de la UPME. • Por software llevar a cabo un simulacro del comportamiento de la primera aproximación del sistema fotovoltaico, térmico solar o térmico eólico, definiéndose una capacidad de generación de energía y de climatización de un determinado volumen o espacio. • Realizar estudio de prefactibilidad Técnico-financiera del sistema planteado para el acondicionamiento térmico de un espacio determinado. • Según el caso, definir y estimar las curvas o patrones de consumo de energía eléctrica o térmica según condiciones climatológicas y rangos de temperatura deseables al interior de los espacios.
---------------------	--

4.2.4.2. Sistemas y dispositivos de acondicionamiento térmico por fuentes de energía renovables

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

- Realizar el dimensionamiento final de todo el sistema de acondicionamiento de espacios mecánico, natural o mixto y correr simulación del mismo en software especializado para estos desarrollos.
- Seleccionar los componentes del sistema de acondicionamiento térmico, los cuales tienen que cumplir con las exigencias descritas en la RETIE y RETILAP. Así mismo, incluir certificaciones de calidad emitidas por agentes certificadores internacionales reconocidos.
- Sin estas certificaciones de calidad, los elementos anteriormente descritos no podrán ser instalados en el proyecto.
- NOTA: Remitirse a los capítulos 4.2.5.1, 4.2.5.2 y 4.2.5.3 en donde se mencionan claramente cuáles son las certificaciones a obtener según tecnología.
- Para garantizar que en caso de fallos o imperfecciones de los elementos, equipos y/o componentes del sistema se cumplan las garantías, los fabricantes/productores de los diferentes elementos que componen el sistema de acondicionamiento térmico, tendrán que demostrar una existencia ininterrumpida en el mercado de al menos 5 años al momento de hacerse el pedido.
- Realizar el diseño de las redes eléctricas, puesta a tierra y protección contra rayos del sistema en su componente eléctrico según lo definido por el RETIE y RETILAP y otras normas nacionales como la ICONTEC, e internacionales que apliquen según el caso.
- El proyecto debe contemplar un plan de reciclaje de los componentes al final de su vida útil.

Etapa de construcción - Fase de obra

- Asegurarse que los elementos, componentes y equipos importados o nacionales cumplan con las características estipuladas en la orden de compra, presenten las certificaciones de Calidad exigidas, y cumplan con las cantidades solicitadas.
- Asegurarse que los elementos, componentes y equipos sean instalados según las especificaciones técnicas y diseños realizados y en los tiempos estimados para estas actividades
- Realizar inspecciones y llevar a cabo registro del control en la calidad de las instalaciones y montajes realizados.
- Poner el sistema en marcha y ejecutar ensayos y control del funcionamiento por una semana a fin de garantizar la correcta instalación del sistema de acondicionamiento térmico.
- Brindar el plan de capacitación en el correcto manejo/manipulación del sistema de acondicionamiento térmico al propietario o personal de mantenimiento.

Fase de operación

- La mayoría de los componentes principales de los sistemas de acondicionamiento térmico basados en fuentes renovables, generalmente quedan expuestos a la intemperie o al ambiente en general. Por esta razón para no afectar su rendimiento se debe hacer limpieza y ejecutar un mantenimiento periódico preventivo, de las conexiones y estado de los cableados, mecanismos de rodamiento de las bombas, turbinas, ventiladores etc.
- La periodicidad y los procesos bajo los cuales debe hacerse la limpieza y mantenimiento preventivo dependerán de las tecnologías implementadas y ubicación final. Este programa debe definirse según las recomendaciones del proveedor o productor.
- La responsabilidad de la contratación de los servicios postventa de mantenimiento dependerá de la tipología de la edificación, pudiendo estar a cargo del propietario, o del departamento de mantenimiento.

Estos sistemas, que tienen varios componentes hidráulicos o neumáticos, además de mecanismos y rodamientos, muestran una construcción relativamente igual de compleja que la de sistemas de acondicionamiento convencional como el aire acondicionado central, etc., por lo que el aseguramiento de la calidad debe ser una parte integral del todo. Es decir, desde el diseño hasta la selección, adquisición, manufactura, instalación, operación y mantenimiento de todos sus componentes, se debe garantizar una calidad ejemplar. Se recomienda que el sistema de calidad cumpla con los requisitos de las publicaciones ISO, NTC y otras normas internacionales pertinentes.

Para conocer las normas aplicables y certificaciones de Calidad a exigir en los elementos, componentes y equipos remitirse a los capítulos 4.2.5.1, 4.2.5.2 y 4.2.5.3 de esta guía.

4.2.5. Micro y minigeneración de energía por fuentes renovables



Cuando se habla de microgeneración se hace referencia a la generación de energía eléctrica a pequeña escala, con un máximo de generación de 100kWe. La minigeneración contempla sistemas un poco más grandes y robustos, alcanzando capacidades de generación de hasta 1MWe. Ambos tamaños de sistemas tienen la capacidad de suplir la demanda total o parcial de energía tanto a nivel domiciliario, como comercial o industrial, tanto a nivel urbano como rural.

La posibilidad de autogenerar la energía para las zonas interconectadas a la red nacional, hasta 1MW de acuerdo con la Resolución 281 del 5 de Junio de 2015, por la cual se define el límite máximo de potencia de autogeneración a pequeña escala, presenta ventajas como el apoyo al balance de las cargas en la red, además de permitir que el sistema convencional de energía eléctrica logre ahorros en los costos de transmisión y distribución.

Debido a estas ventajas, la ley 697 de 2001 busca fomentar el uso racional y eficiente de la energía, promoviendo por primera vez en Colombia la utilización de energías alternativas. Posteriormente, la ley 1715 de 2014 otorga una serie de incentivos tributarios y financieros, que entrarán en vigencia a partir de febrero de 2016 (ver decreto 2143 del 4 de Noviembre de 2015), que estimulan la instalación de sistemas de generación de energía por fuentes renovables, ya que al inyectar el excedente de la generación a la red se podrán tener ganancias adicionales. Esto hace que la recuperación de la inversión se de a menor plazo o a mejores tasas.

Por otro lado, a pesar de contar con una cobertura del servicio de energía eléctrica de casi el 100% en todo el Valle del Aburrá, situaciones como las nuevas condiciones climatológicas de cambio en el patrón de lluvias y sequías en la región, áreas de cubiertas no utilizadas con una fuerte influencia en el aumento de las temperaturas al interior de la ciudad, debido a la absorción de la radiación solar de los materiales de construcción habitualmente usados, derivan en un incremento en el precio de la energía por kWh proyectado en los próximos años. Estas condiciones generan la pertinencia y necesidad de integrar sistemas de generación de energía, por fuentes renovables que alivien la carga para la red nacional de energía, ayuden a disminuir los impactos ambientales negativos que se dan de forma directa o indirecta, por las hidroeléctricas o termoeléctricas y posibilitarán la creación de un sistema de generación de energía sostenible en el tiempo.

4.2.5.1. Energía Fotovoltaica

Justificación

El Valle de Aburrá cuenta con niveles de radiación solar, con suficiente potencial para la inclusión e instalación de sistemas fotovoltaicos de generación eléctrica. El atlas de radiación solar realizado por la UPME muestra que para la ciudad de Medellín la radiación promedio está entre los 4.0 a los 4.5 kWh/m² al día.

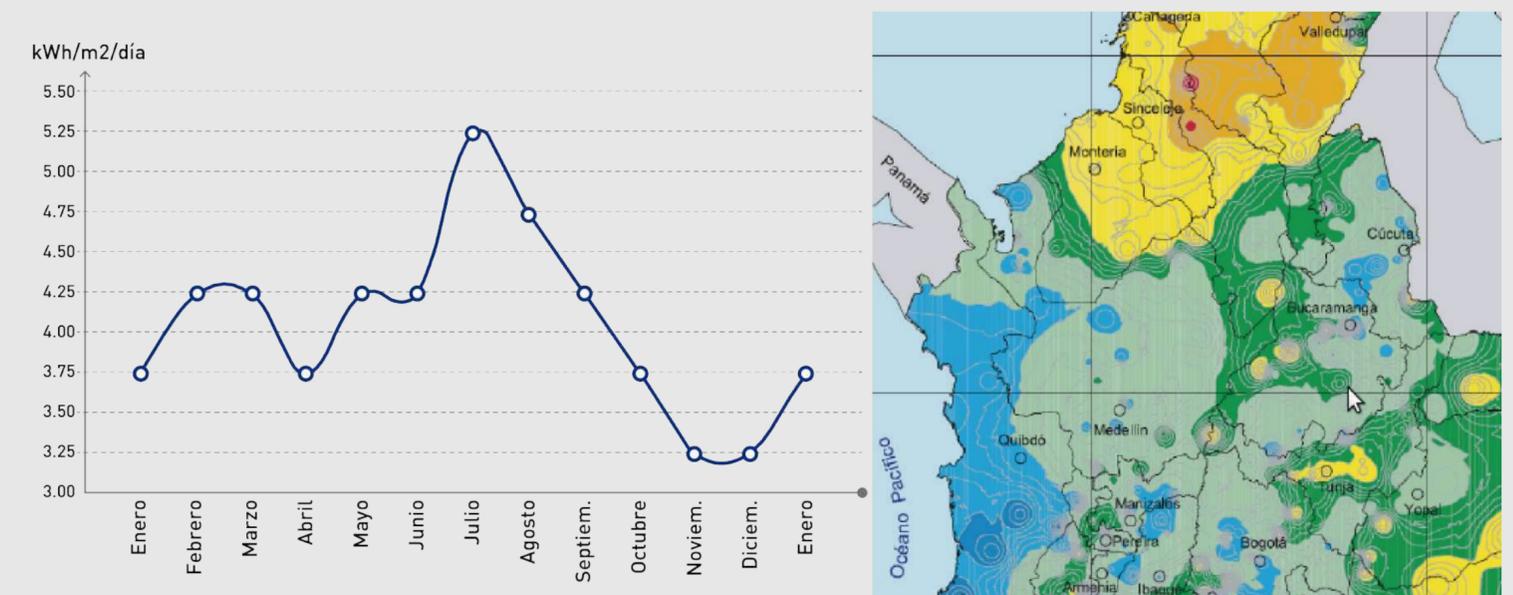


Figura 6. Radiación solar en el Valle de Aburrá. Fuente: UPME & IDEAM (2005).

En la revisión de fuentes como la NASA, IRENA y otros, además de corroborar dicha información el pde radiación solar, también es posible observar que dentro del Valle de Aburrá se posee un índice de claridad, Kt o clearness index de 0,45. El índice de claridad Kt se define como la relación entre la irradiancia global horizontal y la irradiancia extraterrestre, multiplicado por el seno del ángulo opuesto a la altura del sol. Es decir, el índice de claridad Kt puede ser considerado como un factor de atenuación de la atmósfera, donde la irradiancia máxima sería la extraterrestre con un valor de 1367 W/m².

4.2.5.1. Energía Fotovoltaica

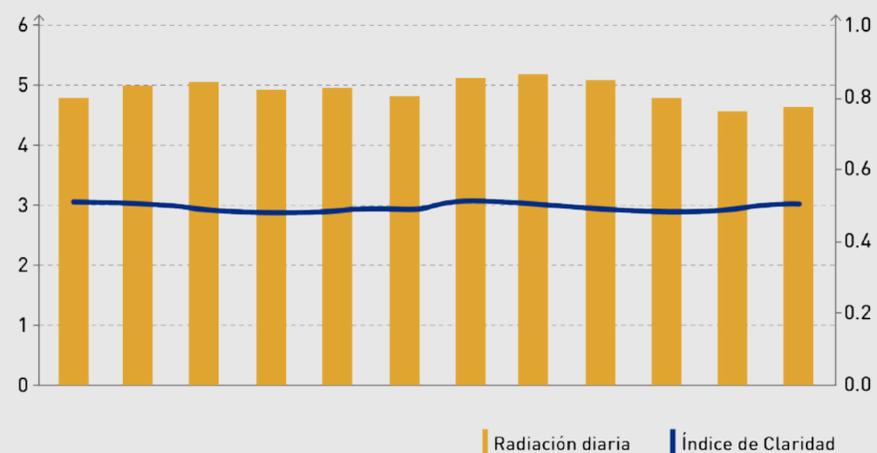


Figura 7. Radiación global horizontal.

Considerando estos valores y teniendo en cuenta que existen grandes zonas de techos y cubiertas en el Valle de Aburrá, que hacen que las construcciones que cubren requieran elevados niveles de aislamiento térmico y acústico, para mantener las temperaturas y niveles de ruido adecuados, se pretende que la estrategia de instalar sistemas fotovoltaicos ayude con diversos aspectos:

- Autogeneración de energía que permite tener una reducción en los costos, por concepto del pago del consumo ordinario de energía eléctrica de la red.
- Posterior al período de recuperación de la inversión, obtener ingresos bien sea por el ahorro ya establecido o por la venta de kWh, inyectables a la red nacional de energía según lo determina la ley 1715,
- Incrementar la eficiencia de los sistemas de acondicionamiento pasivo y mecánico del aire, por la sombra que estos sistemas hacen una vez instalados.
- Los sistemas fotovoltaicos tienen una vida útil mínima de 25 años, requiriendo cambio ocasional de inversores cada 8 o 10 años, dependiendo de la calidad de estos equipos y mantenimientos realizados.
- Un sistema fotovoltaico de 10kWp, que puede llegar a generar en promedio unos 40kWh de energía eléctrica al día, permite compensar 11 toneladas de CO₂ al año, por lo que estos sistemas además de generar energía, contribuyen a mitigar el impacto sobre el calentamiento global. *NOTA: la fabricación de los paneles solares tiene una huella de Carbono baja. Se ha estimado que los paneles después de dos (2) años de funcionamiento compensan el CO₂ generado para su fabricación, manufactura y despacho a sitio final de uso.*
- Por otro lado, está demostrado que los sistemas fotovoltaicos en algunos sectores o estratos del Valle de Aburrá tienen un costo menor en el mediano y largo plazo en comparación con los precios por kWh, que se paga por la energía eléctrica convencional, aspecto que aporta al tema de la sostenibilidad económica de los sistemas.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aprovechar energías renovables y alternativas para la generación de energía eléctrica y/o térmica que alimente los sistemas de acondicionamiento pasivos o mecánicos, contribuyendo a mitigar la Huella de Carbono.
- Disminuir el consumo de baterías y otros sistemas de generación/almacenamiento de energía usados comúnmente en algunos sectores de la sociedad en el Valle de Aburrá.
- Aumentar la eficiencia energética, al medir los consumos de energía eléctrica de los proyectos aun desde la fase de diseño de los mismos.
- De forma indirecta, gracias a la sombra que dan, ayudar a la disminución de la absorción del calor en las superficies de edificaciones expuestas a la fuerte radiación solar, permitiendo generar mejores condiciones de confort térmico en ambientes interiores y exteriores.

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación

Definición de la estrategia y diseño de los sistemas:

Ingeniero con postgrado en sistemas de generación de energía fotovoltaica y/o por fuentes renovables y/o alternativas, con experiencia certificada en diseño de sistemas fotovoltaicos ON-GRID y OFF-GRID.

Análisis Financiero del Sistema:

Ingeniero y/o analista financiero con experiencia en la evaluación de sistemas fotovoltaicos.

Etapa de construcción - Fase de obra

Instalación y Supervisión:

Ingeniero con postgrado en sistemas de generación de energía fotovoltaica y/o por fuentes renovables y/o alternativas, con experiencia certificada en diseño de sistemas fotovoltaicos ON-GRID y OFF-GRID.

Instalación:

Técnicos o tecnólogos eléctricos, electricistas, electrónicos o mecánicos con formación en temas relacionados con sistemas fotovoltaicos.

Fase de operación

4.2.5.1. Energía Fotovoltaica

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

- Determinar el potencial de generación de energía eléctrica a partir del sol un determinado lugar del Valle de Aburrá. Realizar con equipos/instrumentos debidamente calibrados por el CIDET o laboratorios autorizados y certificados por el CIDET u otras agencias internacionales pertinentes las mediciones y registro de datos de radiación solar. Los registros se deben hacer idealmente por lo menos durante un año "in situ" antes de iniciar con el proyecto. Los datos e información registrada deben ser luego contrastados contra la información de las bases de datos meteorológicas del IDEAM, de aeropuertos locales o de la UPME.
- Realizar un estudio de la proyección anual de las sombras en el sitio a desarrollarse el proyecto, que incluya los elementos arquitectónicos propios del proyecto, las edificaciones aledañas, los elementos vegetales, puntuales o en masa, que haya en el entorno y cualquier pre-existencia que pueda producir sombras considerables, sobre la ubicación donde se espera colocar los paneles solares.
- Definir los ángulos de altura solar y acimut máximos que se tendrán en el sitio bajo análisis.
- Por software llevar a cabo un simulacro del comportamiento de la primera aproximación del sistema fotovoltaico a instalar, definiéndose una capacidad de generación de energía.
- Realizar estudio de prefactibilidad Técnico-financiera del sistema fotovoltaico.
- Según el caso, definir y estimar las curvas o patrones de consumo de energía eléctrica.
- Realizar dimensionamiento final de todo el sistema fotovoltaico y correr simulación del mismo, en software especializado para estos desarrollos
- Seleccionar los componentes del sistema fotovoltaico, los cuales tienen que cumplir con las exigencias descritas en la RETIE y RETILAP. Así mismo, los componentes más sensibles, tales como son los paneles, cableado solar e inversores deberán tener y mostrar certificaciones de calidad emitidas por instituciones Internacionales reconocidas, como por ejemplo: la TÜV Rheinland, ISE-VDE o PI-Berlin de Alemania, CENER de España, o NREL de Estados Unidos de Norte América; otros laboratorios no nombrados pero que estén a su vez certificados por el IEC, también serán válidos. Sin estas certificaciones de calidad, los elementos anteriormente descritos no se recomienda su instalación en el proyecto.
- Para garantizar que en caso de fallos o imperfecciones de los elementos, equipos y/o componentes del sistema fotovoltaico se cumplan las garantías, los fabricantes/productores de los diferentes elementos que componen el sistema fotovoltaico tendrán que demostrar una existencia ininterrumpida en el mercado de al menos 5 años al momento de hacerse el pedido.
- Realizar el diseño de las redes eléctricas, puesta a tierra y protección contra rayos del sistema fotovoltaico según lo definido por el RETIE y RETILAP y otras normas nacionales como la ICONTEC, e internacionales del IEC; ver nota al final de este apartado.
- El proyecto debe contemplar un plan de reciclaje de los componentes al final de su vida útil.

Etapa de construcción - Fase de obra

- Asegurarse que los elementos, componentes y equipos importados o nacionales cumplan con las características estipuladas en la orden de compra, presenten las certificaciones de calidad exigidas, y cumplan con las cantidades solicitadas.
- Asegurarse que los elementos, componentes y equipos sean instalados según las especificaciones técnicas y diseños realizados y en los tiempos estimados para estas actividades.
- Realizar inspecciones y llevar a cabo registro del control en la calidad de las instalaciones y montajes realizados.
- Poner el sistema en marcha y ejecutar ensayos y control del funcionamiento por una semana, a fin de garantizar la correcta instalación del sistema fotovoltaico.
- Brindar el plan de capacitación en el correcto manejo/manipulación del sistema fotovoltaico al propietario o personal de mantenimiento.

Fase de operación

- Los paneles fotovoltaicos son elementos que están expuestos a la intemperie o al ambiente en general. Por esta razón para no afectar su rendimiento se debe hacer limpieza y ejecutar un mantenimiento periódico preventivo de las conexiones y estado de los cableados, inversores y paneles fotovoltaicos.
- La periodicidad y los procesos bajo los cuales debe hacerse la limpieza y mantenimiento dependerán de las tecnologías implementadas y ubicación final. Este programa debe definirse según las recomendaciones del proveedor o productor.
- La responsabilidad de la contratación de los servicios postventa de mantenimiento dependerá de la tipología de la edificación, pudiendo estar a cargo del propietario, o del departamento de mantenimiento.

4.2.5.1. Energía Fotovoltaica

Se recomienda la revisión de las siguientes normas:

Normas internacionales que deben de cumplir los paneles fotovoltaicos:

1. IEC-61215 para módulos o paneles fotovoltaicos de silicio cristalino
2. IEC-61646 para módulos o paneles fotovoltaicos de capa delgada.
3. IEC-61730 Tests de Seguridad eléctrica.
4. IEC-62108 para sistemas CPV (concentrated photovoltaics)

Normas nacionales a exigir para sistemas fotovoltaicos:

1. NTC 2775 - Energía solar fotovoltaica. Terminología y Definiciones
2. NTC 5549 - Sistemas fotovoltaicos (FV) terrestres. Generadores de potencia. Generalidades y guía.
3. NTC 4405 - Eficiencia Energética. Evaluación de la eficiencia de los sistemas solares fotovoltaicos y sus componentes.
4. NTC 5464: - Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Calificación del diseño y aprobación de tipo.
5. NTC 2883 - Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para aplicación terrestre. Calificación del diseño y aprobación del tipo.
6. NTC 5627 - Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Calificación del diseño y ensayos ambientales.
7. NTC 5710 - Protección contra las sobrecorrientes de los sistemas fotovoltaicos (FV) productores de energía.
8. NTC 5898 - Monitorización de sistemas fotovoltaicos. Guías para la medida, el intercambio de datos y análisis.
9. NTC 6036: - Sistemas de bombeo fotovoltaico. Calificación del diseño y medidas del rendimiento.

Otras normas:

1. PB 56 - Protección contra rayos.
2. UNE-EN 50548 - Cajas de conexiones para módulos fotovoltaicos.
3. NTC 3444 - Electrotecnia. Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica.
4. ASTM E2432 - 11 - Standard Guide for General Principles of Sustainability Relative to Buildings.
5. ASTM E2797 - 11 - Standard Practice for Building Energy Performance Assessment for a Building Involved in a Real Estate Transaction.

4.2.5.2. Energía Solar Térmica



Justificación

El Valle de Aburrá cuenta con niveles de radiación solar suficientemente buenos, para la inclusión en el modelo energético de las edificaciones, de sistemas térmicos solares para el calentamiento de agua u otros fluidos de trabajo.

Como se vio en el capítulo de energía fotovoltaica, en la región metropolitana del Valle de Aburrá, la radiación promedio está entre los 4.0 a los 4.5 KWh/m² al día, con un índice de claridad Kt (clearness index) de 0,45. Adicionalmente, el Atlas de Brillo Solar de la UPME demuestra que en el Valle de Aburrá se tiene en promedio anual entre 4.5 y 5.5 horas de sol por día, relativamente bueno para la instalación de sistemas que aprovechen la radiación solar térmica como fuente de energía alternativa.

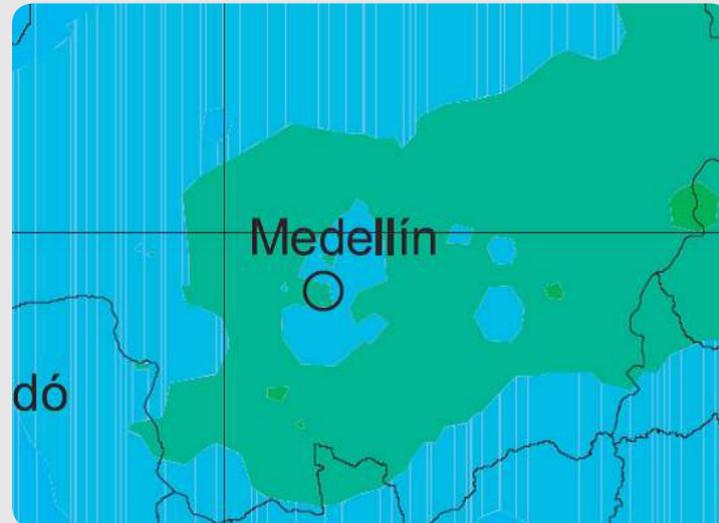


Figura 8. Brillo Solar. Fuente: UPME & IDEAM (2005).

Considerando estos valores y teniendo en cuenta que existen grandes zonas de techos y cubiertas en el Valle de Aburrá disponibles para el aprovechamiento térmico del sol, destinado a calentamiento de agua principalmente, con la posibilidad de reducir el pago por concepto de energía eléctrica o consumo de gas. Los sistemas térmicos tienen una vida útil mínimo de 20 a 25 años o más, requiriendo cambio ocasional de algunos de sus componentes del circuito primario o secundario, dependiendo de los materiales, calidad de estos equipos, mantenimiento realizados y por supuesto, del tipo de tecnología seleccionada.

Por otro lado, los sistemas térmicos si bien tienen una inversión inicial alta, dependiendo de la zona donde se ubique el proyecto, tienen un retorno de la inversión de máximo 3 años, en comparación con sistemas de calentamiento de agua eléctricos y de 5 años con respecto a sistemas con gas natural. Este aspecto aporta al tema de sostenibilidad económica de los sistemas.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aprovechar energías renovables y alternativas para la generación de energía eléctrica y/o térmica que alimente los sistemas de acondicionamiento pasivos o mecánicos, contribuyendo a mitigar la Huella de Carbono.
- De forma indirecta, gracias a la sombra que los colectores solares generan, se favorece la disminución de la absorción del calor en las superficies de edificaciones expuestas a la radiación solar directa, permitiendo generar mejores condiciones de confort térmico en ambientes interiores y exteriores.
- Aumentar la eficiencia energética, al reducir los consumos de energía eléctrica y de gas de los proyectos desde su fase de definición y diseño.

Profesional (es) requerido (s)



Diseño - Planeación	Etapa de construcción - Fase de obra	Fase de operación
<p>Definición de la estrategia y diseño de los sistemas: Ingeniero con postgrado en sistemas térmicos solares y/o por fuentes renovables y/o alternativas, con una experiencia certificada en diseño e instalación de estos sistemas.</p> <p>Análisis Financiero del Sistema: Ingeniero y/o analista financiero con experiencia en la evaluación de sistemas térmicos.</p>	<p>Instalación y Supervisión: Ingeniero con postgrado en sistemas térmicos solares y/o por fuentes renovables y/o alternativas, con una experiencia certificada en instalación de estos sistemas.</p> <p>Instalación: Plomeros, técnicos o tecnólogos eléctricos, mecánicos o mecatrónicos con formación en temas relacionados.</p>	

4.2.5.2. Energía Solar Térmica

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

- Determinar el potencial de generación de energía térmica a partir del sol como fuente renovable que se tiene en el lugar donde se implantará el proyecto en el Valle de Aburrá. Realizar con equipos/instrumentos debidamente calibrados por el CIDET o laboratorios autorizados y certificados por el CIDET u otras agencias internacionales pertinentes las mediciones y registro de datos de radiación solar, temperatura y humedad. Estos registros se deben hacer idealmente por lo menos durante un año “in situ” antes de iniciar con el proyecto. Los datos registrados deben ser luego contrastados con la información de las bases de datos meteorológicas del IDEAM, de aeropuertos locales o de la UPME.
- Realizar un estudio de la proyección anual de las sombras urbanas en el sitio a desarrollarse el proyecto. Este tiene que incluir los elementos arquitectónicos propios del proyecto, las edificaciones aledañas, los elementos vegetales, puntuales o en masa, que haya en el entorno y cualquier preexistencia que pueda producir sombras considerables sobre la ubicación donde se espera colocar los paneles solares.
- Por software llevar a cabo un simulacro del comportamiento de la primera aproximación del sistema térmico solar a instalar, definiéndose una capacidad de generación de energía térmica, volumen de agua (u otro fluido de trabajo) a calentar y el rango de temperatura del fluido de trabajo.
- Realizar estudio de prefactibilidad Técnico-financiera del sistema térmico solar.
- Según el caso, definir y estimar las curvas o patrones de consumo de agua caliente.
- Realizar dimensionamiento final de todo el sistema térmico solar y correr simulación del mismo en software especializado para estos desarrollos.
- Si es necesario, realizar diseño de redes hidráulicas que se conecten al sistema térmico solar.
- Seleccionar los componentes del sistema térmico solar, cuyos componentes o elementos eléctricos y electrónicos tienen que cumplir con las exigencias descritas en la RETIE y RETILAP. Así mismo, los componentes más sensibles, tales como colectores solares, válvulas, tuberías y accesorios, tanques e intercambiadores de calor, deberán todos de tener y mostrar certificaciones de calidad Solar Keymark, sello de calidad que indica que cumple con las normas Europeas, o el SRCC, sello de calidad para productos solares térmicos de Estados Unidos emitidas por instituciones Internacionales reconocidas, como la DIN CERTICO, TÜV Rheinland, IZES, ITW, ISFH o Fraunhofer Freiburg de Alemania, ICIM de Italia, CENER y AENOR de España, SP de Suecia, Kiwa Gastec Certification de Holanda, ICC-SRCC o Intertek de Estados Unidos de Norte América y otros laboratorios certificados por la SRCC y Solar Keymark. Sin estas certificaciones de calidad, los elementos anteriormente descritos no podrán ser instalados en el proyecto.

Diseño - Planeación

- Para garantizar que en caso de fallos o imperfecciones de los elementos, equipos y/o componentes del sistema térmico solar se cumplan las garantías, los fabricantes/productores de los diferentes elementos que componen el sistema fotovoltaico tendrán, que demostrar una existencia ininterrumpida en el mercado de al menos cinco años al momento de hacerse el pedido.
- Realizar el diseño de las redes eléctricas, puesta a tierra y protección contra rayos del sistema térmico según lo definido por el RETIE y RETILAP y otras normas nacionales como la ICONTEC, e internacionales del IEC; ver nota al final de este apartado.
- El proyecto debe contemplar un plan de reciclaje de los componentes al final de su vida útil.

Etapa de construcción - Fase de obra

- **Asegurarse que los elementos, componentes y equipos importados o nacionales, cumplan con las características estipuladas en la orden de compra, presenten las certificaciones de calidad exigidas, y cumplan con las cantidades solicitadas.**
- **Asegurarse que los elementos, componentes y equipos sean instalados según las especificaciones técnicas y diseños realizados y en los tiempos estimados para estas actividades.**
- **Realizar inspecciones y llevar a cabo registro del control en la calidad de las instalaciones y montajes realizados.**
- **Poner el sistema en marcha y ejecutar ensayos y control del funcionamiento por 36 horas a fin de garantizar la correcta instalación del sistema solar térmico.**
- **Brindar el plan de capacitación en el correcto manejo/manipulación del sistema solar térmico al propietario o personal de mantenimiento.**

Fase de operación

- Los colectores solares son elementos expuestos a la intemperie o al ambiente en general. Por esta razón para no afectar su rendimiento se debe hacer limpieza de sus superficies con regularidad y ejecutar un mantenimiento periódico preventivo de las conexiones de tuberías, estado de válvulas y bombas, entre otros.
- La periodicidad y los procesos bajo los cuales debe hacerse la limpieza y mantenimiento dependerán de las tecnologías implementadas y ubicación final. Este programa debe definirse según las recomendaciones del proveedor o productor.
- La responsabilidad de la contratación de los servicios postventa de mantenimiento dependerá de la tipología de la edificación, pudiendo estar a cargo del propietario, o del departamento de mantenimiento.

4.2.5.2. Energía Solar Térmica

Se recomienda la revisión de las siguientes normas:

Normas internacionales de calidad que deben de cumplir los componentes de los sistemas térmicos:

1. DIN EN 12975-1 - Sistemas Térmicos Solares y sus Componentes - Colectores Solares parte 1: Requerimientos Generales.
2. DIN EN 12975-2 - Sistemas Térmicos Solares y sus Componentes - Colectores Solares parte 2: Métodos de Ensayo.
3. DIN EN 12979 - Sistemas solares prefabricados
4. ISO 9806-1 - Test Methods for Solar Collectors Part 1: Thermal Performance of Glazed Liquid Heating Collectors incl. Pressure Drop
5. ISO 9806-2 - Test Methods for Solar Collectors Part 2: Qualitication Test Procedure
6. ISO 9806-3 - Test Methods for Solar Collectors Part 3: Thermal Performance of Unglazed Liquid Heating Collectors (Sensitive Heat Transfer Only) incl. Pressure Drop
7. SRCC Standard 100-08 - Test Methods and Minimum Standards for Certifying Solar Collectors
8. SRCC Document RM-1 - Methodology for Determining the Thermal Performance Rating for Solar Collectors
9. CAN/CSA-F378 - Colectores Solares

Normas nacionales en relación a cumplirse en el diseño e instalación de sistemas térmicos solares:

10. NTC 3507 - Energía Solar. Instalación de sistemas domésticos de agua caliente que funcionan con energía solar.
11. NTC 5434-1 - Sistemas solares térmicos y componentes colectores solares. Parte 1. Requisitos generales.
12. NTC 4368 - Eficiencia Energética. Sistemas de calentamiento de agua con energía solar y componentes.
13. GTC 113 - Guía para la utilización de energía eólica para bombeo de agua.
14. NTC 6036 - Sistemas de bombeo fotovoltaico. Calificación del diseño y medidas del rendimiento.
15. PB 56 - Protección contra rayos.
16. NTC 3444 - Electrotecnia. Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica.
17. ASTM E2432 - 11 - Standard Guide for General Principles of Sustainability Relative to Buildings.
18. ASTM E2797 - 11 - Standard Practice for Building Energy Performance Assessment for a Building Involved in a Real Estate Transaction; si bien aplicada en edificios comerciales, puede usarse y adaptarse sus principios para este proyecto hotelero.

4.2.5.3. Energía Eólica



Justificación

El Valle de Aburrá cuenta con velocidades de viento relativamente bajas, que obligan a considerar la instalación única de turbinas de pequeña potencia, para la generación de energía eléctrica de forma rentable. El atlas de vientos realizado por la UPME muestra que para la ciudad de Medellín la velocidad del viento promedio está entre los 2 m/s y 3.5 m/s.

La información suministrada por la estación meteorológica del Aeropuerto Olaya Herrera corrobora estas velocidades de viento, observándose además en algunos meses, velocidades máximas de 4.5 m/s. Así mismo los registros del IDEAM muestran velocidades en el rango de los 3.4m/s y 5.4m/s, con una dirección predominante al N durante todo el año.

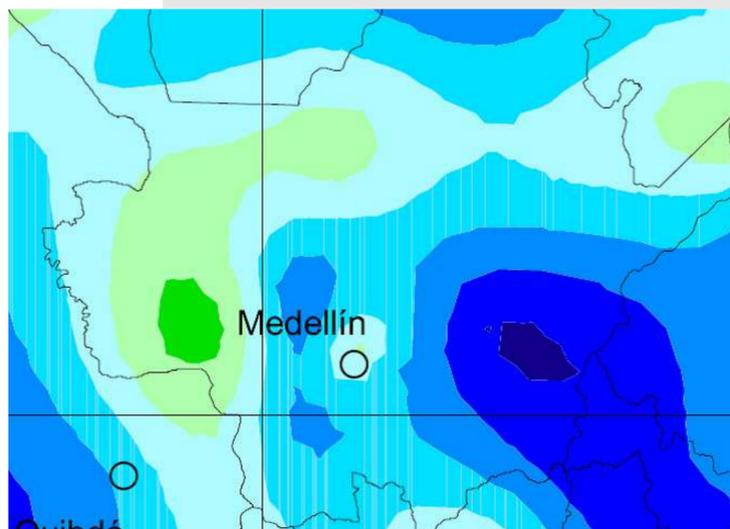


Figura 9. Mapa de Viento. Fuente: UPME & IDEAM (2006).

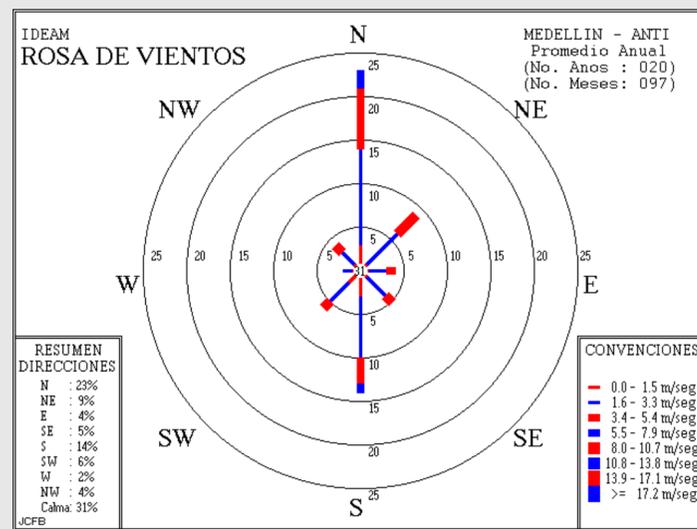


Figura 10. Rosa de los vientos. Fuente: IDEAM (1999).

Considerando estos valores y teniendo en cuenta que existen grandes zonas de techos y cubiertas en el Valle de Aburrá que no son aprovechadas, se aspira que la estrategia de instalar sistemas de generación de energía eólica, ayude a la reducción en el pago por concepto de energía eléctrica y permita a su vez disminuir la huella de carbono que la ciudad genera a diario.

En ciudades similares en Latinoamérica se ha estimado que 1 kWh de electricidad generado mediante energía eólica evita 1 kg de emisiones de CO₂, cuando se emplea carbón como combustible, 0.75 kg cuando se emplea petróleo y 0.5 kg cuando se utiliza gas natural usado habitualmente para la cocción de alimentos y calefacción de agua. Por otro lado, las turbinas eólicas son actualmente la forma de generación de energía más económica, en la familia de los sistemas que aprovechan las fuentes renovables y/o alternativas. En Estados Unidos, éstas han logrado alcanzar costos del kWh instalado entre los USD 0,04 y los USD 0,06. Este aspecto aporta al tema de sostenibilidad económica de los sistemas.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aprovechar el viento como recurso renovable y alternativa para la autogeneración de energía eléctrica, contribuyendo a mitigar la Huella de Carbono.
- Disminuir el consumo de baterías y otros sistemas de generación/almacenamiento de energía usados comúnmente en algunos sectores de la sociedad en el Valle de Aburrá.
- Aumentar la eficiencia energética, al mesurar los consumos de energía eléctrica de los proyectos desde la fase de planeación y diseño de los mismos.

Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación

Definición de la estrategia y diseño de los sistemas:
Ingeniero con postgrado en sistemas de generación de energía eólica y/o por fuentes renovables y/o alternativas, con una experiencia mínima certificada en diseño de sistemas eólicos ON-GRID y OFF-GRID.

Análisis Financiero del Sistema:
Ingeniero y/o Analista financiero con experiencia en la evaluación de sistemas eólicos.

Etapas de construcción - Fase de obra

Instalación y Supervisión:
Ingeniero con postgrado en sistemas de generación de energía eólica y/o por fuentes renovables y/o alternativas, con una experiencia mínima certificada en diseño de sistemas eólicos ON-GRID y OFF-GRID.

Instalación:
Técnicos o tecnólogos eléctricos, electricistas, electrónicos o mecánicos, con formación en temas relacionados con sistemas eólicos.

Fase de operación



4.2.5.3. Energía Eólica

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

- Determinar el potencial de generación de energía eléctrica a partir del viento como fuente renovable, en el lugar de implantación del proyecto en el Valle de Aburrá. Realizar con equipos/instrumentos debidamente calibrados por el CIDET o laboratorios autorizados y certificados por el CIDET u otras agencias internacionales pertinentes, las mediciones y registro de datos de velocidad del viento. Estos registros se deben hacer idealmente por lo menos durante un año "in situ" antes de iniciar con el proyecto. Los registros deben ser luego contrastados con la información de las bases de datos meteorológicas del IDEAM, de los aeropuertos locales o de la UPME.
- Realizar una simulación con software especial o en un túnel de viento, para analizar el comportamiento según las condiciones del terreno o las condiciones urbanas en el sitio a desarrollarse el proyecto. Este análisis debe incluir los elementos arquitectónicos propios del proyecto, las edificaciones aledañas, los elementos vegetales, puntuales o en masa, que haya en el entorno y cualquier preexistencia que pueda producir perturbaciones en las corrientes del viento y sus velocidades
- Definir la dirección predominante del viento, así como su velocidad promedio anual que se tendrá en el sitio bajo análisis.
- Por software llevar a cabo un simulacro del comportamiento de la primera aproximación del sistema eólico a instalar, definiéndose una capacidad de generación de energía.
- Realizar estudio de prefactibilidad Técnico-financiera del sistema eólico.
- Para garantizar que en caso de fallos o imperfecciones de los elementos, equipos y/o componentes del sistema térmico solar se cumplan las garantías, los fabricantes/productores de los diferentes elementos que componen el sistema fotovoltaico tendrán, que demostrar una existencia ininterrumpida en el mercado de al menos cinco años al momento de hacerse el pedido.
- Realizar el diseño de las redes eléctricas, puesta a tierra y protección contra rayos del sistema térmico según lo definido por el RETIE y RETILAP y otras normas nacionales como la ICONTEC, e internacionales del IEC; ver nota al final de este apartado.
- El proyecto debe contemplar un plan de reciclaje de los componentes al final de su vida útil.
- Según el caso, definir y estimar las curvas o patrones de consumo de energía eléctrica.
- Realizar dimensionamiento final de todo el sistema eólico y correr simulación del mismo en software especializado para estos desarrollos.
- Seleccionar los componentes del sistema eólico, los cuales tienen que cumplir con las exigencias descritas en la RETIE y RETILAP. Así mismo, los componentes más sensibles, tales como la turbina eólica, cableado especial e inversores deberán todos de tener y mostrar certificaciones de calidad emitidas por Agentes certifi-

Diseño - Planeación

- cadores internacionales son GL, TÜV-NEL, DNV, Intertek. Sin estas certificaciones de calidad, los elementos anteriormente descritos no deberán ser instalados en el proyecto. NOTA: Muchas veces éstos exigen niveles más altos del marco normativo, sin embargo, se sugiere que sea cual sea la tecnología a implementar, tenga al menos una certificación de alguno de estos entes, ello garantizará la calidad de los sistemas y su estabilidad en el tiempo.
- Para garantizar que en caso de fallos o imperfecciones de los elementos, equipos y/o componentes del sistema eólico se cumplan las garantías, los fabricantes/productores de los diferentes elementos que componen el sistema eólico, tendrán que demostrar una existencia ininterrumpida en el mercado de al menos 5 años al momento de hacerse el pedido.
- Realizar el diseño de las redes eléctricas, puesta a tierra y protección contra rayos del sistema fotovoltaico según lo definido por el RETIE y RETILAP y otras normas nacionales como la ICONTEC, e internacionales del IEC; ver nota al final de este apartado.
- El proyecto debe contemplar un plan de reciclaje de los componentes al final de su vida útil.

Etapas de construcción - Fase de obra

- **Asegurarse que los elementos, componentes y equipos importados o nacionales cumplan con las características estipuladas en la orden de compra, presenten las certificaciones de calidad exigidas, y cumplan con las cantidades solicitadas.**
- **Asegurarse que los elementos, componentes y equipos sean instalados según las especificaciones técnicas y diseños realizados y en los tiempos estimados para estas actividades.**
- **Realizar inspecciones y llevar a cabo registro del control en la calidad de las instalaciones y montajes realizados.**
- **Poner el sistema en marcha y ejecutar ensayos y control del funcionamiento por una semana a fin de garantizar la correcta instalación del sistema eólico.**
- **Brindar el plan de capacitación en el correcto manejo/manipulación del sistema eólico al propietario o personal de mantenimiento.**

Fase de operación

- Las turbinas eólicas generalmente quedan expuestas a la intemperie o al ambiente en general. Por esta razón para no afectar su rendimiento se debe hacer limpieza y ejecutar un mantenimiento periódico preventivo de las conexiones y estado de los cableados, mecanismos de rodamiento de las turbinas, revisión de las aspas, etc.
- La periodicidad y los procesos bajo los cuales debe hacerse la limpieza y mantenimiento preventivo, dependerán de las tecnologías implementadas y su ubicación final. Este programa debe definirse según las recomendaciones del proveedor o productor.
- La responsabilidad de la contratación de los servicios postventa de mantenimiento dependerá de la tipología de la edificación, pudiendo estar a cargo del propietario, o del departamento de mantenimiento.

4.2.5.3. Energía Eólica

En estos sistemas, que tienen varias partes móviles y que son de construcción un poco más compleja que lo que son los sistemas fotovoltaicos, el aseguramiento de la calidad debe ser una parte integral del todo. Es decir, desde el diseño hasta la selección, adquisición, manufactura, instalación, operación y mantenimiento de todos sus componentes, se debe garantizar la calidad ejemplar. Se recomienda que el sistema de calidad cumpla con los requisitos de las publicaciones ISO pertinentes.

Se recomienda la revisión de las siguientes normas:

Norma nacional a exigir para los sistemas de generación de energía eólicos:

1. Documento ANC-0603-16-01 Anteproyecto de Norma Aerogeneradores, Requisitos de seguridad. Versión 01 de 2003, elaborada entre ICONTEC y AENE Consultoría S.A.
2. GTC 172 - Energía Eólica. Guía para generación de energía eléctrica.
3. NTC 5725 - Aerogeneradores. Requisitos de diseño para aerogeneradores pequeños.
4. NTC 5343 - Aerogeneradores. Ensayo de curva de potencia.
5. NTC 5363 - Aerogeneradores. Requisitos de seguridad.
6. NTC 5412 - Aerogeneradores. Medida y evaluación de las características de la calidad de suministro de las turbinas eólicas conectadas a la red.
7. GTC 139 - Sistemas de aerogeneradores. Protección contra descargas.
8. NTC 5467 - Aerogeneradores. Técnicas de medida de ruido acústico.

Normas de certificación internacionales para sistemas eólicos y turbinas eólicas:

1. IEC 61400-1 - Wind turbines, Design Requirements, norma para turbinas eólicas de gran potencia y de mediana potencia- gran eólica.
2. IEC 61400-2 - Wind turbines, Small Wind Turbines, norma para turbinas eólicas de pequeña potencia - mini eólica.
3. IEC 61400-11 - Acoustic Noise Measurements Techniques”.
4. IEC 61400-12-1 - Power Performance Measurements of Electricity Producing Wind Turbines”.
5. IEC 61400-12-2 - Power Performance of Electricity-producing Wind Turbines Based on Nacelle Anemometry”.

6. IEC 61400-13 - Measurement of Mechanical Loads”.
7. IEC 61400-14 - Declaration of Apparent Sound Power Level and Tonality Values”
8. IEC 61400-21 - Measurement and Assessment of Power Quality Characteristics of Grid Connected Wind Turbines.
9. IEC 61400-22 - Conformity Testing and Certification.
10. IEC 61400-24 - Lightning Protection.
11. IEC 61400- 26-1 - Time Based Availability for Wind turbine Generating System.
12. IEC 61400 26-2 - Production-Base Availability for Wind Turbines.
13. IEC 61400 27-1 - Electrical Simulation Models-Wind Turbines.
14. UNE-EN 50308 - Aerogeneradores. Medidas de protección. Requisitos para diseño, operación y mantenimiento.

Otras normas a ser exigidas en estos proyectos:

1. PB 56 - Protección contra rayos.
2. NTC 3444 - Electrotecnia. Armarios para instalación de medidores de energía eléctrica.
3. ASTM E2432 - 11 - Standard Guide for General Principles of Sustainability Relative to Buildings.
4. ASTM E2797 - 11 - Standard Practice for Building Energy Performance Assessment for a Building Involved in a Real Estate Transaction.

4.3. Agua



La principal fuente de suministro de agua para las actividades humanas está presente en ríos y lagos superficiales, los cuales solo representan un 0.007% del agua dulce del planeta, cuyo porcentaje total es 2,5% frente al agua salada de los mares que cubren la tierra, pero esta agua dulce se encuentra en su mayoría, en acuíferos subterráneos y de difícil acceso (UNESCO/WMO, 2003). El bajo porcentaje de agua disponible para el consumo humano se ve afectado además, por situaciones de cambio climático y su efecto sobre el ciclo hidrológico natural, la creciente contaminación de los cuerpos de agua y la sobreexplotación del recurso en actividades como la minería, la agricultura y la ganadería extensiva, derivando en una crisis mundial de recursos hídricos (UNESCO-WWAP, 2003).

Con una población urbana de cerca del 80%, las ciudades colombianas requieren con urgencia plantear alternativas de ahorro y uso sostenible del agua, no solo como un problema local, sino además como un marco de referencia global, pues este problema con impactos sociales y ambientales tendrá si no se presenta un cambio del modelo de gestión, impactos económicos de escala mundial (SWITCH Project, 2006). La urgente necesidad de un cambio de paradigma en el modelo de gestión del agua en centros poblados, ha estado tan lejano de la planeación urbana y el ejercicio de diseño y construcción de las ciudades, que hasta el tiempo presente, como puede apreciarse de forma directa en el Valle de Aburrá, la gestión de este recurso no ha tenido ninguna innovación significativa, sin considerar la potabilización, de una base conceptual establecida por los antiguos romanos hace más de 2000 años (IWA, 2009):

- Tuberías y/o canales que transportan agua para el uso doméstico desde fuentes de agua abastecidas por cuencas lejanas.
- El agua de la cuenca del Valle de Aburrá se ha empleado históricamente como medio para transportar los desechos generados lejos de la ciudad.
- Las aguas lluvias son consideradas un desecho, y por lo tanto se requiere un sistema de drenaje para “controlar las inundaciones” y llevar las aguas lluvias, nuevamente, lejos de la ciudad.

Ante este panorama, y como ha sido tratado a lo largo de la Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá, los grandes temas del desarrollo urbano y arquitectónico deben ser vistos como oportunidades. Por esta razón, se presenta en este apartado una completa revisión al modelo de gestión del agua en el ambiente construido, desde los modelos de gestión, la caracterización de diferentes usos del agua y las posibilidades técnicas y tecnológicas para integrar la edificaciones con el ciclo hidrológico natural, con beneficios ambientales, sociales y económicos, inscritos en los principios de la sostenibilidad sistémica, como uno de los ejes fundamentales de esta Política Pública de Construcción Sostenible.

4.3.1. Evaluación del modelo de gestión

4.3.1.1. Modelo existente

En el modelo tradicional, el agua utilizada al interior de las edificaciones es suministrada a través de una red de distribución de **agua potable**, y es empleada para todo tipo de usos, aun aquellos que no requieren esta calidad como descargas sanitarias, lavado de ropas, aseo general, riego zonas verdes, lavado de vehículos, entre otros. El uso indiscriminado de agua potable al interior de las edificaciones genera un alto costo económico, social y ambiental si se tiene en cuenta que el 76% de todo el consumo de agua en el Valle de Aburrá en los ámbitos doméstico, institucional, comercial e industrial, proviene de cuencas hidrográficas externas.

Las **aguas lluvias** normalmente no son aprovechadas como una fuente de agua que permita reemplazar algunas de las actividades que actualmente se abastecen de agua potable. El modelo de gestión actual se orienta a la rápida concentración y expulsión del agua lluvia hacia canaletas y bajantes de las edificaciones, con el fin de conducirla hasta las vías urbanas, donde serán evacuadas a través de sumideros, pasando a redes de alcantarillado, en alta proporción combinado, para ser vertidas a los cuerpos de agua, generando una serie de problemas que se describen en el documento de Línea Base de la Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá (PPCS VA)(AMVA & UPB, 2015). Esta situación, sumada a la impermeabilización de los suelos, evita que el agua proveniente de la lluvia se infiltre en el suelo de manera natural, incrementando la escorrentía urbana e impidiendo la recarga directa de los acuíferos. Sin embargo, la Ley 373 de 1997, por la cual se establece el programa de ahorro y uso eficiente del agua, define la obligatoriedad de estudios de viabilidad del aprovechamiento de aguas lluvias de la siguiente forma:

ARTICULO 9o. DE LOS NUEVOS PROYECTOS. Las entidades públicas encargadas de otorgar licencias o permisos para adelantar cualquier clase de proyecto que consume agua, deberán exigir que se incluya en el estudio de fuentes de abastecimiento, la oferta de aguas lluvias y que se implante su uso si es técnica y económicamente viable.

Por su parte, el Decreto 1285 de 2015 y la Resolución 549 de 2015 del Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, mediante la cual se adopta la Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones, establecen la captación de aguas lluvias como una de las estrategias para la gestión sostenible del agua, como se verá más adelante.

Por otro lado, como se evidenció en el documento de Línea Base, el modelo actual de gestión de **escorrentía urbana** puede generar inundaciones, deterioro de cauces y afectaciones a la calidad de los cuerpos de agua. En este sentido, la captación y uso de aguas lluvias en edificaciones posibilita el aprovechamiento de un recurso, pero no resuelve el problema. Aun si las edificaciones disponen de sistemas de recolección y uso de aguas lluvias, las precipitaciones de media y alta intensidad tendrán siempre la posibilidad de generar excedentes, que no pueden ser captados y aprovechados. Así mismo, la escorrentía producida por superficies diferentes a cubiertas como plazas, plazoletas, parqueaderos, vías, etc., no es susceptible de ser captada y aprovechada al interior de las edificaciones. En consecuencia, se requiere de un nuevo modelo de gestión de la escorrentía urbana que integre su manejo como recurso disponible.

Así mismo, como se explica en el documento de Línea Base, normalmente la actividad constructiva extrae **agua subterránea**, para mantener abatido el nivel freático, bien sea durante la fase de obra únicamente, o también durante la fase de operación de los proyectos, pero no con fines de aprovechamiento. Según un estudio reciente realizado por el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el 90% de las edificaciones que realizan abatimiento del nivel freático no hacen aprovechamiento del recurso y lo disponen como un vertimiento en las redes de alcantarillado o directamente sobre una fuente superficial. Este sistema de gestión del recurso subterráneo desperdicia una considerable cantidad de agua que podría ser utilizada, tanto en la fase de construcción como en la operación de la edificación. Adicionalmente, esta práctica genera un incremento en los costos del proyecto, considerando que se debe pagar una tasa por el vertimiento realizado.

4.3.1. Evaluación del modelo de gestión

Finalmente, toda el agua que ha sido usada en cada una de las actividades al interior de la edificación, es recogida a través de un sistema de redes sanitarias para ser vertidas en las redes de alcantarillado municipal. Este sistema hidráulico convencional no permite reutilizar las **aguas residuales** que contienen una baja carga contaminante, es decir, las aguas grises, ya que son combinadas con las aguas provenientes de la descarga sanitaria, que contienen un alto grado de contaminación.

La Ley 373 de 1997, define la obligatoriedad del reúso de la siguiente forma:

ARTICULO 5o. REÚSO OBLIGATORIO DEL AGUA. Las aguas utilizadas, sean éstas de origen superficial, subterráneo o lluvias, en cualquier actividad que genere afluentes líquidos, deberán ser reutilizadas en actividades primarias y secundarias cuando el proceso técnico y económico así lo ameriten y aconsejen según el análisis socio-económico y las normas de calidad ambiental.

Por su parte, el Decreto 1285 de 2015 y la Resolución 549 de 2015, establece el reúso como una de las estrategias para la gestión sostenible del agua, como se verá más adelante. La Figura 11 representa el modelo actual de gestión del recurso hídrico en el Valle de Aburrá.

4.3.1.2. Modelo Sostenible

A través del Decreto 1285 de 2015 y su resolución reglamentaria 549 de 2015, el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio establece los criterios para el ahorro de agua y energía en edificaciones, con carácter obligatorio en el territorio nacional. Los criterios que aplican específicamente para el Valle de Aburrá respecto al consumo de agua se listan en la Tabla 3. Los elementos que se enuncian a continuación y que permiten configurar un modelo sostenible para la gestión del agua, a escala de edificación se encuentran alineados con los objetivos establecidos por este marco normativo de nivel nacional.

A través de las Guías Metropolitanas de Construcción Sostenible se plantea un nuevo modelo de gestión del recurso hídrico a nivel urbano, orientado a un aprovechamiento más eficiente y a la disminución de los impactos ambientales, sociales y económicos negativos que implica el modelo existente que se acaba de describir y que se ilustra ampliamente en el documento de Línea Base (AMVA & UPB, 2015a).

La Figura 12 presenta los elementos que componen el Modelo de Gestión Sostenible del Recurso Hídrico a escala de edificación.

Es importante aclarar que los elementos que se describen en la presente guía son complementarios respecto a los que se describen en la **Guía n°3**, ya que la escorrentía generada por las edificaciones debe ser gestionada en espacios abiertos.

Tabla 3. Línea base de consumos de agua por tipología edilicia para el Valle de Aburrá (Zona Climática Templada). Fuente: IFC & CAMA-COL (2012) y Porcentajes obligatorios de disminución. Fuente: Decreto 1285 de 2015

Tipología	Línea base de consumos para la Zona climática templada (litros/persona/día o litros/m ²)	Porcentajes de reducción obligatorios con respecto a los valores de la línea base nacional (Decreto 1285 de 2015)	
		Durante el año 2016	A partir del año 2017
Hoteles	564,0	10%	10%
Hospitales	600,0	15%	40%
Oficinas	45,0	15%	35%
Centros comerciales	6 litros/m ²	15%	15%
Educativos	50,0	15%	40%
Vivienda no VIS	145,3	10%	25%
Vivienda VIS	113,9	10%	15%
Vivienda VIP	98,3	10%	15%

Este modelo busca aprovechar las diversas fuentes hídricas, tanto las de origen natural, como lluvias y subterráneas, que están disponibles en el área de intervención, como las aguas grises, que resultan de la operación del proyecto, con el fin de reducir el uso de agua potable para usos que no requieren tal calidad, lo cual resulta beneficioso en términos de ecoeficiencia y de viabilidad, posibilitando el logro de los siguientes objetivos:

- La disminución de la dependencia hídrica que presenta el Valle de Aburrá con las cuencas externas, lo cual a su vez reduce los costos energéticos asociados al transporte del agua desde su lugar de recolección hasta su lugar de tratamiento y posterior suministro.
- La reducción de los costos asociados a la potabilización de grandes cantidades de agua para usos que no requieren esta calidad.
- La disminución de la escorrentía urbana, evitando problemas de erosión e inundaciones en el ambiente construido.
- La conservación de los ecosistemas estratégicos, debido a la disminución de la demanda hídrica.
- La reducción en el volumen de aguas residuales, lo cual contribuye a incrementar la eficiencia de los procesos de tratamiento, a la vez que ayuda a mejorar el estado actual de los ríos y quebradas del Valle de Aburrá.

4.3.1. Evaluación del modelo de gestión



Modelo Tradicional

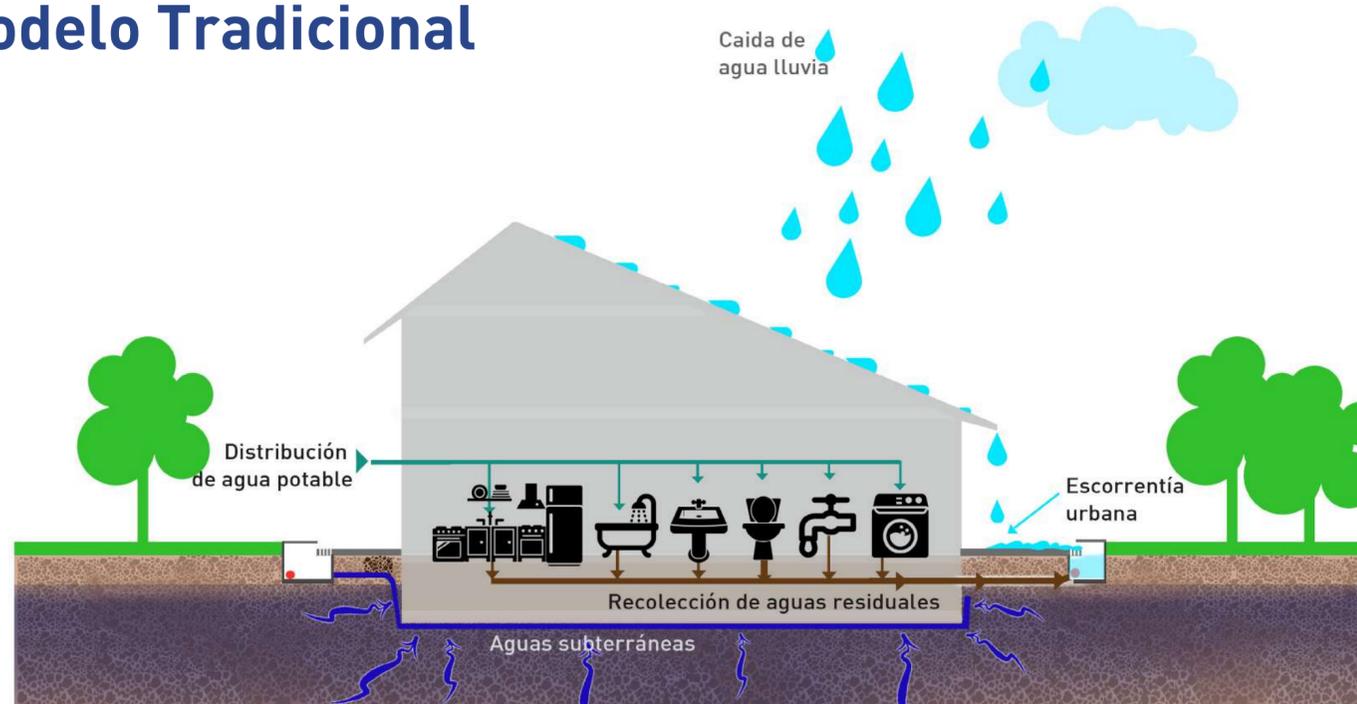


Figura 11. Modelo tradicional de gestión del recurso hídrico. Fuente: Elaboración propia.

Modelo Sostenible

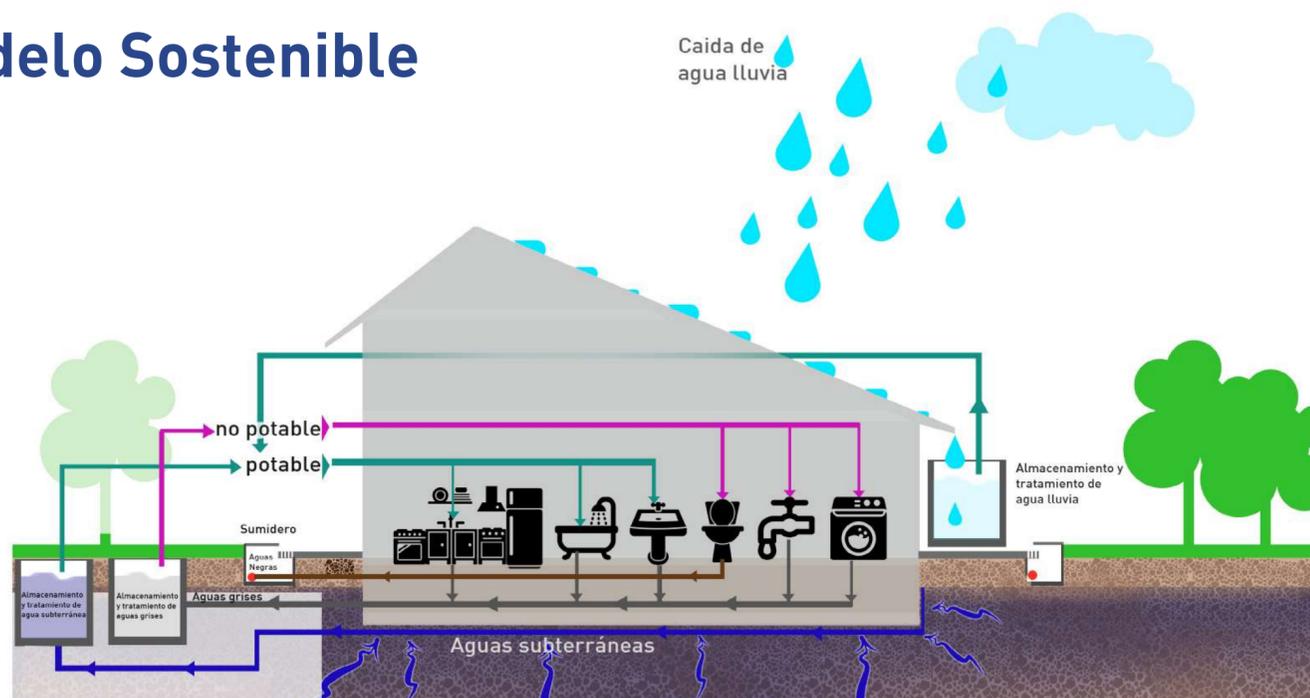


Figura 12. Representación esquemática de un modelo de gestión sostenible del recurso hídrico a escala de edificación. Fuente: Elaboración propia

Para la viabilidad del modelo, es necesario destinar para consumo humano la fuente hídrica que presente la mejor calidad de acuerdo con los parámetros establecidos por el Decreto 1575 de 2007, normativa que regula este uso. De acuerdo con las características específicas en cada lugar, tanto las aguas lluvias como las aguas subterráneas son fuentes potenciales para este uso. Los demás usos, que no requieren de agua potable, podrán ser abastecidos con las aguas grises, las cuales deben pasar por un tratamiento mínimo antes de ser recirculadas en la edificación (ver ítem 4.3.7, Sistemas de tratamiento).

No existe una sola estrategia que permita alcanzar todos los objetivos, se requiere una combinación de aquellas que puedan generar el mayor beneficio o mitigar al máximo los impactos negativos. Así, las diferentes soluciones que ofrece el modelo, deberán ser evaluadas de acuerdo con las características y recursos de cada proyecto, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- La presente Guía de Construcción Sostenible no pretende promover un uso masivo e indiscriminado del agua subterránea, sino el aprovechamiento del recurso cuando sea inevitable su abatimiento. El mapa del sistema hídrico subterráneo, expuesto en el documento de Línea Base, permite afirmar que el acuífero ocupa un área significativa de la planicie del Valle de Aburrá. No obstante, a la fecha de publicación de estas guías, este recurso se encuentra en estudio por el AMVA y en el futuro podrían identificarse y localizarse zonas con restricciones hidrológicas o geotécnicas para la extracción.
- La implementación del modelo de gestión propuesto, requiere la instalación de redes hidrosanitarias separadas, sea para el abastecimiento de agua potable y agua no potable, o para el desagüe de aguas grises y aguas negras, así como de sistemas de tratamiento. Si bien estos factores pueden incrementar los costos iniciales del proyecto, para una edificación nueva, este sobrecosto se recupera rápidamente en función del ahorro que se obtiene en consumo de agua potable y la disminución del costo por vertimiento a un sistema de alcantarillado. Resulta fundamental que el profesional competente evalúe la relación costo/beneficio que permita estudiar la viabilidad del proyecto, considerando la siguiente información:
- Las tarifas de acueducto y alcantarillado establecidos por la empresa prestadora del servicio público, están en función de la tipología de edificación, del municipio y del estrato socioeconómico para el sector residencial. La información referente a las tasas de acueducto y alcantarillado se encuentra actualizada en el documento público: “Dirección Comercial Aguas Y Saneamiento - Tarifas Para Servicios De Acueducto Y Aguas Residuales”, el cual se puede consultar a través de la página web de EPM: www.epm.com.co.
- La dotación que se adopte para diseñar los sistemas de aprovechamiento del agua, resulta fundamental para evaluar el tiempo de retorno de la inversión. Una sobreestimación de este valor implicaría la inviabilidad del sistema al tener una baja relación costo/beneficio.
- Debe evaluarse si la cantidad de agua disponible en el lugar, independientemente de su fuente, es suficiente para abastecer toda la demanda requerida por la edificación. Dependiendo de esto, el ingeniero podrá decidir si realiza la instalación de dobles redes hidrosanitarias, para toda la edificación o para una parte de esta.

4.3.2. Cálculo de dotaciones de acuerdo al uso



La dotación es la cantidad de agua que se establece para una población o para un habitante, en una unidad de tiempo, normalmente expresada en términos de litro por habitante por día. La dotación puede ser neta o bruta; la primera corresponde a la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades básicas de un habitante, sin considerar las pérdidas que ocurran en el sistema de distribución, mientras que la dotación bruta sí las considera.

La cantidad de agua que puede consumir un habitante varía según el uso que demande la actividad que se desarrolle, es decir, no es lo mismo la dotación de una persona que permanece todo el día en su vivienda, a aquella de una que pasa la mitad del día en una institución educativa. Ambas edificaciones requieren consumos diferentes porque presentan actividades diferentes. Por lo tanto, la dotación no es una cantidad fija, sino que se ve afectada por un sin número de factores que la diferencian en cada tipología de edificación.

En este orden de ideas, los usos del agua están definidos a nivel nacional por el artículo 9 del Decreto 3930 de 2010 de la siguiente forma:

1. Consumo humano y doméstico
2. **Preservación de flora y fauna**
3. Agrícola
4. Pecuario
5. **Recreativo**
6. **Industrial**
7. **Estético**
8. Pesca, Maricultura y Acuicultura
9. Navegación y Transporte Acuático

Si bien el Decreto 3930 de 2010 derogó el decreto 1594 de 1984, hasta el momento los criterios de calidad del agua para los usos 2 a 9 siguen siendo los establecidos por este último. Por su parte, el decreto 1575 de 2007 establece los criterios de calidad del agua para el consumo humano, mas no para el uso doméstico, el cual incluye actividades que no necesariamente requieren agua potable. En este sentido, es importante identificar los diferentes usos a los que hace referencia el uso doméstico del agua, con el fin de identificar la posibilidad de introducir agua de otras calidades.

Otros usos en los cuales pueden considerarse fuentes alternativas de agua en relación con el ambiente construido son los usos 2, 5, 6 y 7, resaltados en el listado anterior.

Justificación

Conocer la dotación de agua que requiere un habitante diariamente, sirve como parámetro de diseño inicial para calcular la demanda del recurso hídrico en la edificación. A partir de este valor y considerando la oferta hídrica que presenta el área donde se desarrollará el proyecto, bien sea de una fuente superficial, subterránea o pluvial, será posible establecer el porcentaje de demanda que logrará suplir la fuente hídrica disponible en el lugar y con base en esto, definir su uso al interior o exterior de la edificación, a partir de una evaluación del costo - beneficio que presente la proyección.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Reducir el consumo de agua por m² en el ciclo de vida del proyecto constructivo

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero Sanitario



Descripción del procedimiento

Existen diversas fuentes, tanto a nivel nacional como metropolitano, donde es posible obtener información referente a la dotación de un habitante de acuerdo a la tipología de edificación que este ocupa, o al uso del recurso hídrico conforme a la actividad que este desarrolla. Resulta fundamental indagar varias fuentes de información que permitan tener un mayor criterio sobre la dotación final a usar, ya que este valor influirá notoriamente sobre el dimensionamiento del sistema y la viabilidad económica de la proyección. Algunas fuentes que pueden ser consideradas se presenta a continuación.

4.3.2. Cálculo de dotaciones de acuerdo al uso

Documento técnico del RAS, título B (versión actualizada a 2010), capítulo B2, se establece el procedimiento que debe seguirse para la evaluación de la población objeto del diseño, la dotación y la demanda de agua en un sistema de acueducto, con el fin de determinar la capacidad real que un componente en particular o todo el sistema debe tener, a lo largo de un período de diseño determinado (RAS 2000, 2010). Los siguientes métodos son explicados en el RAS para el cálculo de la dotación neta:

- Dotación por suscriptores
- Dotación por habitante
- Según el uso del agua
- Comparación con barrios, sectores o municipios similares

La autoridad ambiental local, el AMVA, presenta la “guía metodológica para determinar módulos de consumo y factores de vertimiento de agua”. Este documento es de carácter público y puede ser consultado directamente en la web o a través de la página oficial del AMVA: www.metropol.gov.co.

El ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio en compañía de la Corporación Financiera Internacional - IFC y la Cámara Colombiana de la Construcción - CAMACOL, en el marco del Decreto 1285, desarrollaron la “Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones”, donde se presenta una línea base de consumo de agua. Este documento es de carácter público y puede ser consultado directamente en la web o a través de la página del ministerio www.minvivienda.gov.co.

En el capítulo seis del Código colombiano de fontanería, NTC 1500 (2004), es posible encontrar una tabla sobre la evaluación de consumo, la cual presenta valores específicos de dotación disgregados para cada uso individual.

Para el caso residencial, es posible considerar el consumo doméstico establecido por la resolución 2320 de 2009 “Por la cual se modifica parcialmente la Resolución No. 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS”. Dicho consumo se encuentra en función del nivel de complejidad del sistema de acueducto, el cual a su vez responde a la población y clima de la zona de interés. Así, para edificaciones residenciales en el Valle de Aburrá, se puede adoptar una dotación máxima de 90 litros/hab*día, que corresponde a un nivel de complejidad del sistema bajo y para una población con clima frío o templado, dado que el área metropolitana se localiza a una altura mayor de 1000 metros sobre el nivel del mar y que el número de personas que puedan ser servidas, a través de una fuente hídrica encontrada en el área de interés, no superarán los 2500 habitantes.

De acuerdo a lo planteado en los numerales anteriores de la presente guía y en el documento de Línea Base, resulta oportuno precisar que esta dotación no necesariamente debe tener características de agua potable, salvo en los usos que verdaderamente lo requieran. La Tabla 4 presenta una estimación de cómo se distribuye la dotación de una persona en las diferentes actividades al interior de una vivienda.

Estos porcentajes sirven de base para tener una noción de la cantidad de agua que requieren las diferentes actividades desarrolladas al interior de las residencias. Sin embargo, estos valores pueden variar dependiendo de varios factores, como el estrato socioeconómico, el uso del edificio, el área, las costumbres y hábitos de sus habitantes, entre otros. Por estas razones, la distribución de la dotación debe ser evaluada con el mayor detalle posible y considerando fuentes externas donde se hayan realizado estudios previos sobre estos consumos, con el fin de no generar una sobrestimación en los cálculos que puedan comprometer el diseño de los sistemas requeridos para cada caso.

Tabla 4. Distribución porcentual de la dotación para uso doméstico por persona. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Departamento Nacional de Planeación, 1991; Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000 (Version 2010); Manual de Diseño para Viviendas de Alta Calidad Ambiental, COLPATRIA-MARES 2011.

Uso	Porcentaje (%)
Aseo personal (Ducha, lavado de manos)	30%
Cocina (lavado de platos, consumo propios)	22%
Descarga sanitaria	20%
Lavado de ropa	21%
Otros (Lavado de pisos, jardín, etc)	7%

4.3.3. Captación y uso de Aguas Lluvias



El aprovechamiento de agua lluvia en las edificaciones es una práctica de fácil implementación, que permite disminuir los consumos de agua potable y los costos que implican dichos consumos. Para esta sección, se consideraran las definiciones e importancias presentadas en el numeral 1.2.2. de la Guía n°1.

Un sistema general de captación de aguas lluvias está compuesto por los siguientes componentes: captación, recolección, interceptor y almacenamiento. La captación está conformada por la superficie sobre la cual caerá el agua proveniente de la lluvia, es decir, las cubiertas. El agua que escurre sobre estas llega hasta el sistema recolector, que está conformado por una serie de canaletas ubicadas en los bordes inferiores del techo, que conducirán el agua hasta el interceptor. Este último es un tanque que almacena de manera temporal las primeras aguas de la lluvia, con el fin de recoger los materiales y demás impurezas que se acumulan en las cubiertas y evitar que este material ingrese al tanque de almacenamiento en donde se recogerá el resto de las aguas lluvias. El siguiente esquema representa un sistema típico de captación de aguas lluvias en una vivienda, sin embargo, los conceptos aplican para cualquier tipología de edificación.

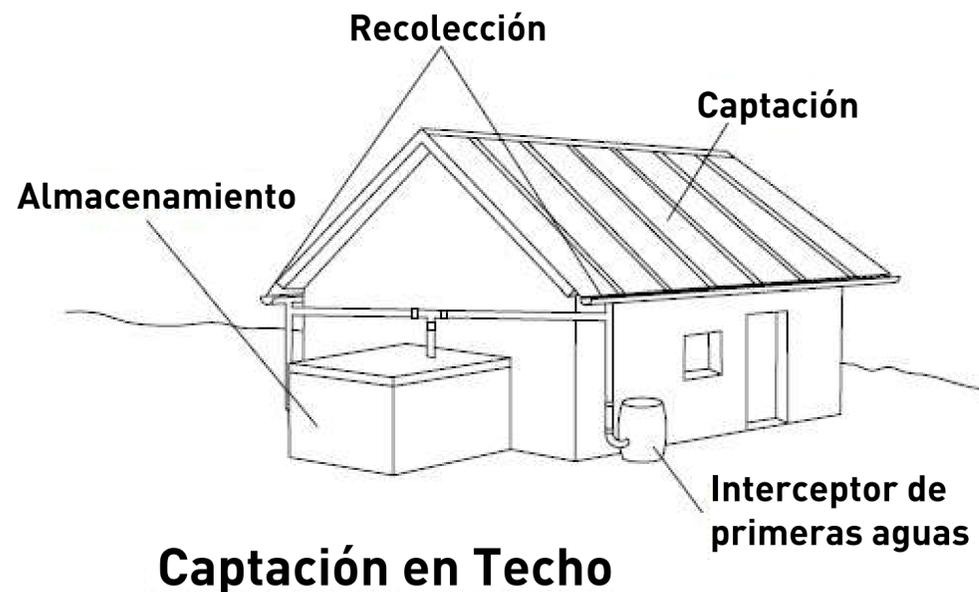


Figura 13. Sistema de captación de agua pluvial en techos. Fuente: Guía de diseño para captación de agua lluvia (CEPIS, 2004).

A partir del modelo sostenible expresado en el numeral 4.3.1.2, y considerando la Figura 13, se ilustra en la Figura 14, la gestión del agua lluvia en fase operacional de una edificación.

Como se observa en la figura, este recurso podrá ser destinado a numerosos usos al interior o exterior de la edificación, diferentes al consumo humano. No obstante, también puede ser empleado para esto siempre que se garantice el cumplimiento con lo establecido por el decreto 1575 de 2007.

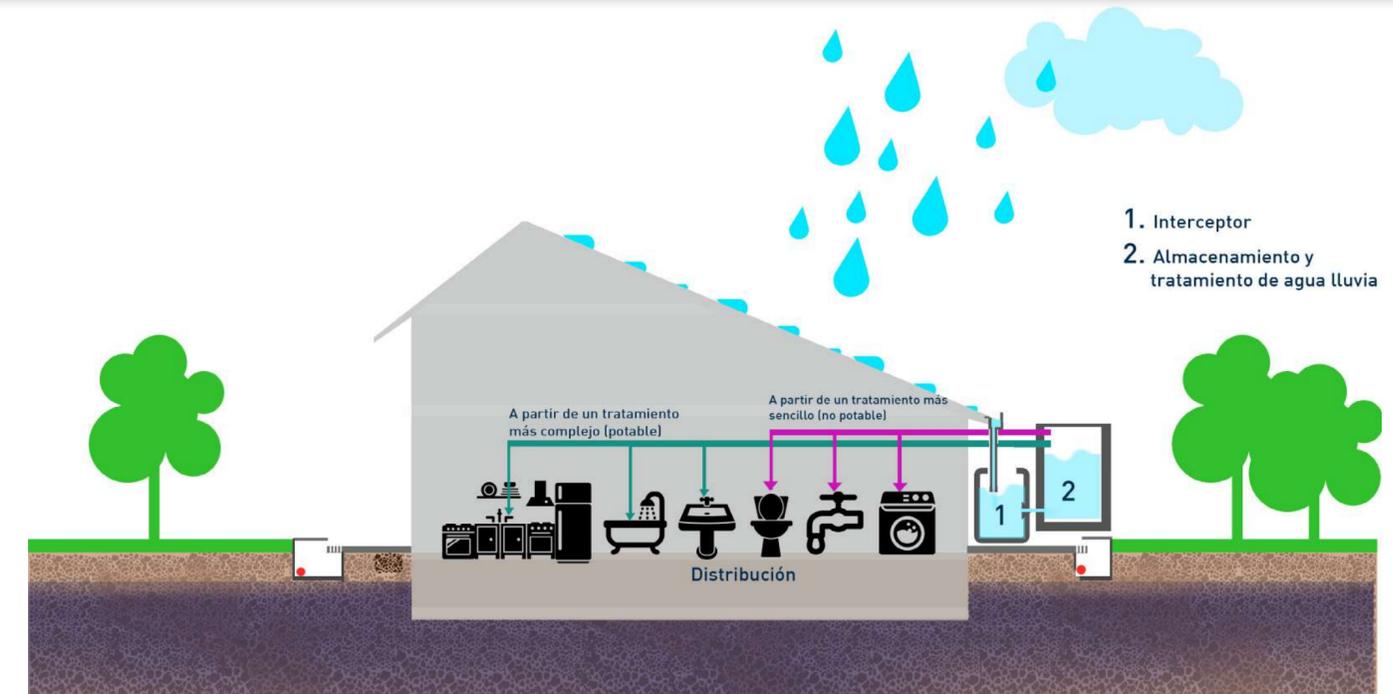


Figura 14. Gestión del agua lluvia en fase operacional de una edificación. Fuente: Elaboración propia

Justificación

La instalación de sistemas de recolección, almacenamiento y distribución de agua lluvia puede ser aplicada para todas las tipologías de edificaciones del Valle de Aburrá, tanto en zona urbana como en zona rural. La cantidad de agua que se pueda almacenar, dependerá de la precipitación del lugar y del área aferente (área de cubiertas y fachadas) disponible para la captación de la lluvia, lo cual a su vez está relacionado con la ubicación geográfica y la época del año (ver ítem 1.2.2.1. Precipitaciones de la Guía n°1). Si bien el Valle de Aburrá presenta diferencias en términos de disponibilidad de aguas lluvias, esto no quiere decir que un sistema de captación pluvial será más viable en un municipio que tiene mayores índices de precipitación. En general, la captación de aguas lluvias es pertinente y técnicamente viable en la mayoría de los casos, sin embargo, los sistemas diferirán en dimensiones, niveles de tratamiento y posibles usos.

Durante la ejecución de la obra, el agua proveniente de la lluvia puede ser almacenada a criterio del profesional encargado, y utilizada en las diferentes actividades del proyecto que requieren este servicio, como:

- La elaboración de concreto. La calidad del agua para la elaboración de concretos no está especificada dentro de los usos que define el Decreto 3930, sin embargo el proceso convencional que opera actual-

4.3.3. Captación y uso de Aguas Lluvias

mente utiliza agua potable, cuando este proceso debería estar considerado dentro del uso industrial y no de consumo humano. La normativa nacional sismo resistente NSR-10, en su título C sobre “concreto estructural”, especifica que el agua empleada en el mezclado del concreto debe cumplir con las disposiciones de la norma NTC 3459 “AGUA PARA LA ELABORACIÓN DE CONCRETO” (requisitos homólogos a la norma inglesa BS3148) o de la norma ASTM C1602M cuando sean menos exigentes que los de la norma NTC 3459. Estas normativas incluyen métodos para calificar las fuentes de agua impotable, considerando los efectos en el tiempo de fraguado y la resistencia, además se incluyen límites opcionales para los cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezclado, a los que se puede apelar cuando sea necesario.

- La limpieza o lavado de maquinarias, llantas de todos los vehículos que salgan de la obra, lavado de las áreas de trabajo y de todas aquellas actividades que puedan generar emisiones de material particulado. En la actualidad, la mayoría de estas actividades se realizan con agua potable generando un alto desperdicio de este costoso recurso. Resulta oportuno almacenar, usar y reusar siempre que sea posible las aguas lluvias para estas labores, o cualquier otra fuente de agua que se disponga en el área donde será desarrollada la actividad constructiva.

Para mayor conocimiento sobre la gestión del recurso hídrico durante esta fase, remitirse al manual de gestión socio ambiental para obras de construcción del Área Metropolitana del Valle de Aburrá.

Durante la operación de las edificaciones, el agua proveniente de la lluvia puede ser utilizada en diferentes actividades como:

- Descargas de sanitarios, lavado de ropas, lavado de pisos, riego de zonas verdes y lavado de vehículos. La normativa nacional no define la calidad del agua para estos usos, por lo tanto quedará bajo la responsabilidad del ingeniero encargado de los diseños, determinar el tratamiento necesario para que el agua, no afecte las instalaciones hidrosanitarias de la edificación, ni la salud pública (ver numeral 4.3.7. de esta guía).
- Para consumo humano y aseo personal, después de haber pasado por un tratamiento mínimo que garantice la calidad del agua, según los criterios establecidos en el decreto 1575 de 2007, “Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano”
- Como reserva de agua para un sistema de abastecimiento que garantice la protección contra incendios. Según el título J de la NSR 10, toda edificación deberá cumplir con los requisitos mínimos de protección contra incendios, los cuales varían su grado de exigencia dependiendo de la tipología de edificación que se construya. Las normas NTC 2301 y la NTC 1669 establecen los requisitos mínimos con los cuales deberán cumplir los sistemas contra incendios, entre ellos, y de suma importancia para el aprovechamiento del agua lluvia, está el requerimiento de que los sistemas de mangueras y tomas fijas de agua deberán contar con un abastecimiento de agua confiable, el cual tendrá que ser independiente de los sistemas de abastecimiento de la red pública de agua potable y además deberá ser capaz de satisfacer la demanda hidráulica del sistema durante un tiempo mínimo de 30 minutos de operación.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Incrementar el nivel de aprovechamiento de las aguas lluvias, para reducir la dependencia hídrica de cuencas externas y el consumo de agua potable, en usos que no requieren dicha calidad.
- Mantener coeficientes de escorrentía en el ambiente construido similares a los coeficientes naturales del lugar.
- Promover la separación de flujos de aguas residuales y de aguas lluvias, para disminuir la carga contaminante por escorrentía urbana a las fuentes de agua.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero Sanitario



Descripción del procedimiento

Nota: Se recomienda implementar este lineamiento de manera conjunta con los lineamientos afines presentados en la Guía n°3.

Para determinar los posibles usos, es necesario conocer la oferta, es decir, la intensidad y frecuencia de las precipitaciones en el lugar (ver Guía n°1). La demanda o dotación debe ser calculada de acuerdo con la tipología de edificación y con base en la oferta (cantidad de agua lluvia captada) se podrá destinar el recurso hídrico para un uso exclusivo, que esté en capacidad de suplir el 100% de la demanda que requiere la actividad. Por ejemplo, las edificaciones institucionales, por lo general consumen una considerable cantidad de agua potable para el riego de jardines o zonas verdes comunes, que podrá ser sustituida por el agua lluvia y que requiere una menor inversión en infraestructura, haciéndola económicamente viable. Por consiguiente, dependiendo del número de actividades que se elijan, para usar el agua de lluvia captada, el sistema será más complejo o más sencillo y la inversión variará considerablemente.

Antes de iniciar el diseño de estos sistemas, es necesario conocer la cantidad de agua que permitirá recolectar el área del techo para cada mes del año, a partir de los siguientes datos:

- El promedio mensual de precipitación de los últimos 10 años, o si es posible, de los últimos 15 años para mayor precisión. Esta información se obtiene desde los estudios hidrológicos de la zona donde se desarrollará el proyecto, tal y como se especificó en la Guía n°1.

4.3.3. Captación y uso de Aguas Lluvias

- El área total de cubiertas susceptibles de ser usadas para la captación. Independientemente de la forma y pendiente que presente el techo, se deberá considerar la superficie de la proyección en planta del techo.
- El coeficiente de escurrimiento aproximado. Este coeficiente representa la cantidad de agua que se pierde, antes de llegar a la cisterna o lugar de almacenamiento del agua, por diferentes factores como la temperatura promedio del lugar, los vientos y el tipo de material de la superficie de captación. La siguiente tabla permite adoptar un coeficiente de escorrentía aproximado a partir del material del techo usado para la captación del agua lluvia.

Tabla 5. Coeficiente de escorrentía de acuerdo al material de la superficie de captación. Fuente: Guía de diseño para captación de agua lluvia. CEPIS, 2004

Material de techo	Coeficiente de escorrentía (C_e)
Lámina metálica	0.9
Tejas de arcilla	0.8 - 0.9
Madera	0.8 - 0.9
Paja	0.6 - 0.7

Con esta información es posible calcular la cantidad de agua promedio que se puede recolectar para cada mes del año, a partir de la siguiente ecuación:

$$V_i = \frac{Pp_i * C_e * A_c}{1000} \quad (1)$$

Donde

V_i = Volumen de agua que se recolecta en el mes "i" (m^3)

Pp_i = Precipitación promedio mensual (litros/ m^2). Este valor será el promedio de la precipitación de los últimos 10 o 15 años, para cada mes. Por ejemplo, para el mes de enero se tendrá un solo valor que promedia los últimos 15 años de precipitación.

C_e = Valor del coeficiente de escorrentía.

A_c = Área de captación (m^2)

El volumen anual que permite recolectar el área de captación, está dado por la sumatoria del volumen de agua recolectada cada mes. A partir de este valor, se podrá analizar el uso más conveniente que se le dará al agua de lluvia, considerando la dotación establecida para dicho uso.

Los siguientes documentos públicos contienen especificaciones de carácter técnico que permiten realizar el diseño del sistema de captación de aguas lluvias, y además dan lineamientos sobre la fase de construcción y de operación del sistema.

- Guía de diseño para captación de agua lluvia. Documento elaborado por el Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente – CEPIS. Año 2004 o en su versión más reciente.
- Manual de captación de aguas de lluvia para centros urbanos. Documento elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente – PNUMA. Año 2008 o en su versión más reciente.
- Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. Ficha número tres "utilización del agua lluvia". Documento elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Año 2012 o en su versión más reciente.
- Numerales 4.2.3. y 5.6. Guía para el ahorro de agua y energía en Edificaciones. Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Decreto 1285 de 2015 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

Adicional a estos documentos, será necesario considerar las siguientes normas técnicas que permitan realizar correctamente las instalaciones hidrosanitarias:

- El Título D "Sistemas de recolección y evacuación de aguas domésticas y pluviales" del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS 2000. Este reglamento establece las condiciones requeridas para la concepción y desarrollo de sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales y/o pluviales que conforman los alcantarillados sanitarios, pluviales y combinados (redes externas).
- NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería. Esta norma establece las disposiciones técnicas para las redes internas de suministro, desagüe de aguas residuales y drenaje de aguas pluviales.
- El título J del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000. Documento que ofrece alternativas tecnológicas y procedimientos de abastecimiento de agua y saneamiento para el sector rural, pero que pueden ser igualmente aplicadas para el área urbana.

4.3.4. Aprovechamiento de Aguas Subterráneas



A partir del modelo sostenible propuesto por la presente guía, se plantea el siguiente esquema correspondiente a la gestión del agua subterránea, en la fase de operación en edificaciones que requieran realizar abatimiento del nivel freático. Se reitera que el objetivo de esta guía no es el de promover el uso masivo del agua subterránea como fuente de abastecimiento, sino promover su aprovechamiento cuando su extracción sea requerida.

La Figura 15 muestra que este recurso podrá ser usado en las diferentes actividades que se desarrollan al interior o exterior de la edificación. Conociendo la cantidad de agua que será abatida, es posible calcular el porcentaje de la demanda hídrica de la edificación que podrá ser abastecida por esta fuente. Se recomienda revisar los argumentos descritos para el uso del agua de lluvia.

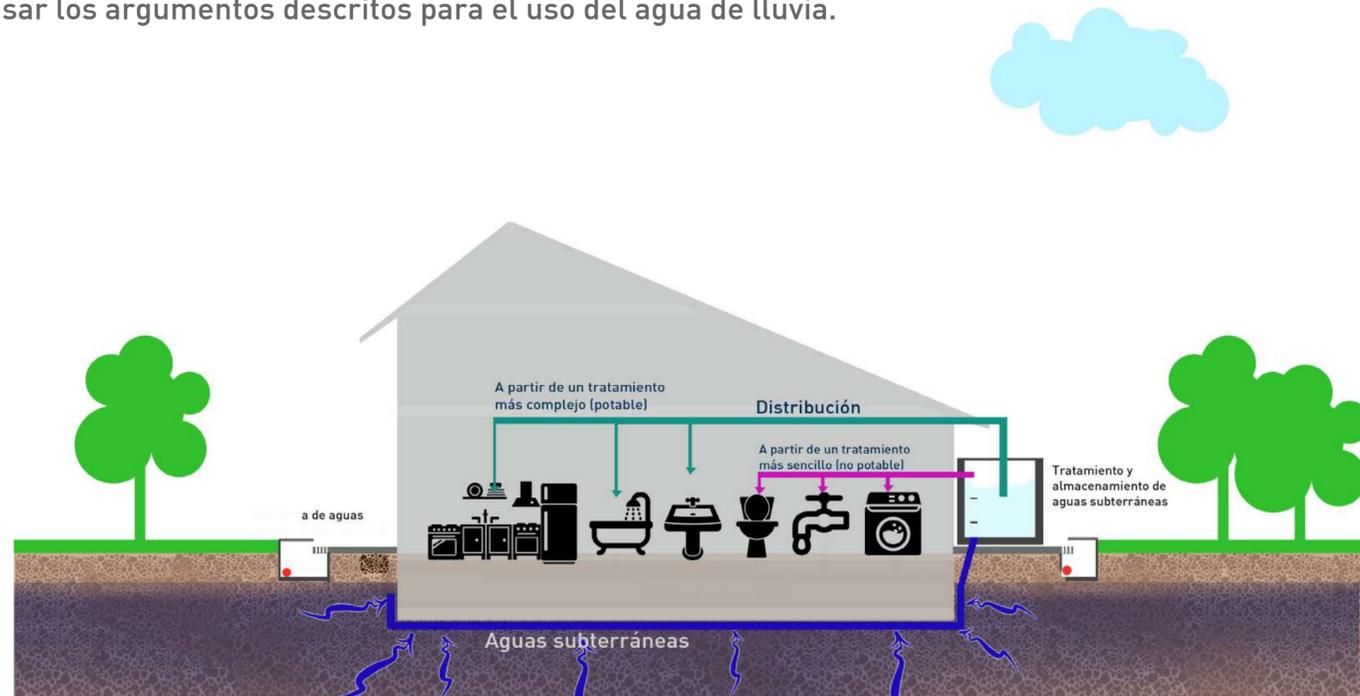


Figura 15. Propuesta para la gestión sostenible del agua subterránea en edificaciones que se encuentren obligadas a realizar abatimiento del nivel freático. Fuente: Elaboración propia

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero, Biólogo o afines, con experiencia certificada superior a dos años, y con posgrado en hidrología o hidrogeología, según el caso.



Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Mantener caudales de abatimiento por debajo de los caudales de recarga específicos de cada zona.
- Reducir la dependencia hídrica de cuencas externas, contribuyendo al mismo tiempo a la disminución del consumo de agua potable en usos que no requieren dicha calidad.

Justificación

La extracción, almacenamiento y aprovechamiento del agua subterránea puede ser aplicado para todas las tipologías de edificaciones del Valle de Aburrá, tanto en zona urbana como en zona rural. La cantidad de agua que se pueda extraer del subsuelo dependerá del nivel freático del acuífero y de su afectación directa con el correcto desarrollo de la obra, lo cual a su vez está relacionado con la oferta hídrica, que presenta el acuífero en la zona de interés y con su velocidad de recarga. Los usos en los cuales este recurso puede ser empleado, son similares a los ya descritos para aguas lluvias en la presente guía.

Descripción del procedimiento

La cantidad de agua disponible que podrá ser aprovechada será equivalente al agua que será abatida o extraída del acuífero para garantizar el correcto desarrollo y funcionamiento de la obra. El valor de esta oferta estará dado en los estudios geotécnicos preliminares.

En el documento técnico del RAS, título B de la versión actualizada a 2010, capítulo B5, se establecen los criterios básicos y requisitos mínimos que deben cumplir las captaciones de agua subterránea en los diferentes procesos involucrados en su desarrollo, tales como la conceptualización, el diseño, la puesta en marcha, la operación y el mantenimiento, con el fin de garantizar seguridad, durabilidad, funcionalidad, calidad, eficiencia, sostenibilidad y redundancia en las captaciones dentro de un nivel de complejidad del sistema determinado (RAS 2000,2010).

El título J, del mismo documento técnico, ofrece alternativas tecnológicas y procedimientos de abastecimiento de agua y saneamiento para el sector rural, pero que pueden ser igualmente aplicadas para el sector urbano.

4.3.5. Reciclaje de Aguas Grises



De acuerdo con lo expuesto en el documento de Línea Base, los usos del agua al interior de las edificaciones generan diferentes calidades de agua residual que pueden ser clasificadas en dos grandes grupos: Aguas Negras y Aguas Grises.

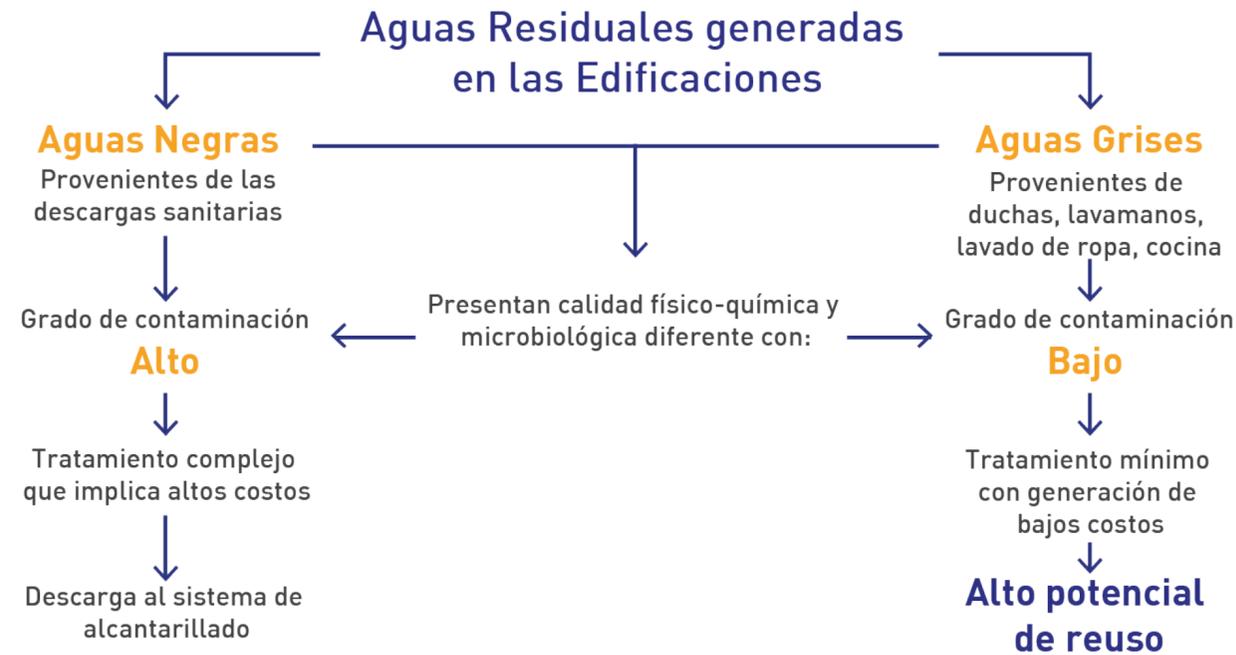


Figura 16. Aguas residuales generadas en las edificaciones de acuerdo a su calidad. Fuente: Línea Base (AMVA & UPB, 2015a).

La implementación de este sistema obliga a diseñar para la edificación una doble instalación hidrosanitaria que permita la recolección de las aguas residuales de manera diferenciada. Las aguas negras serán conducidas directamente al sistema público de alcantarillado, o a un sistema de tratamiento individual, según sea el caso (ver numeral 4.3.7 de esta guía) para una disposición final en una fuente receptora. Por su parte, las aguas grises pueden ser direccionadas hacia un sistema de tratamiento diferente que permita alcanzar niveles de calidad que permitan su reuso, bien sea al interior o exterior de la edificación. Es oportuno aclarar que las aguas provenientes de la cocina tienden a presentar un alto contenido en grasas que puede dificultar el tratamiento de las aguas grises, por lo tanto, se debe considerar un tratamiento primario previo que permita la separación de las grasas, o no considerar este tipo de agua dentro de la red de aguas grises.

A partir del modelo sostenible presentado en esta guía, se ilustra en la Figura 17 la gestión de las aguas grises en la fase operacional de una edificación.

Como se observa en la figura, este recurso podrá ser usado en diferentes actividades que se desarrollan al interior o exterior de la edificación. Sin embargo, a diferencia de las aguas lluvias y subterráneas, este recurso tiene características de calidad muy diferentes, requiriendo un tratamiento más complejo, y por lo tanto más costoso. Debido a esto, no se recomienda usar aguas grises recicladas para el consumo humano. Comúnmente las aguas grises son destinadas para el riego de jardines, lavado de zonas comunes y descargas sanitarias, lo que implica un tratamiento más simple y más viable económicamente.

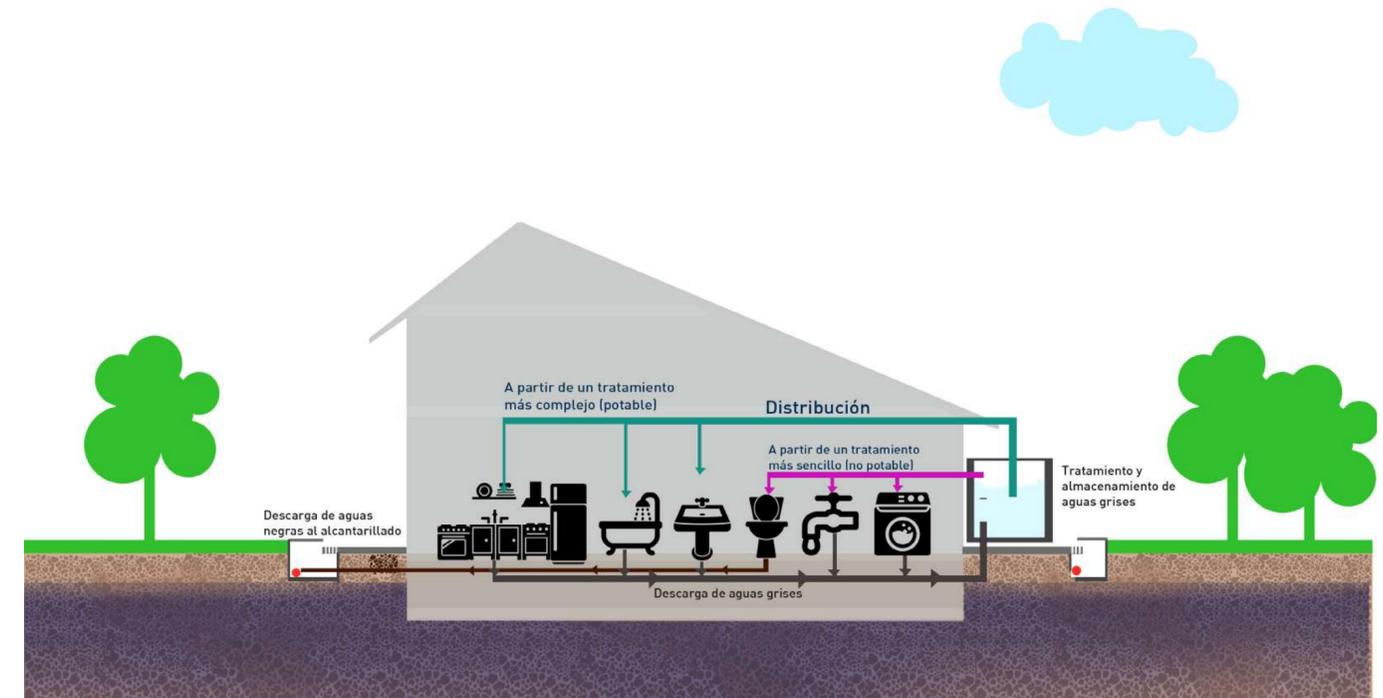


Figura 17. Esquema de reciclaje de aguas grises para la gestión sostenible del agua en edificaciones. Fuente: Elaboración propia

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero Sanitario con experiencia en el diseño de redes hidrosanitarias



4.3.5. Reciclaje de Aguas Grises

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Incrementar el nivel de reúso de aguas grises, para disminuir el consumo de agua potable en usos que no requieren dicha calidad
- Promover la separación de flujos de aguas residuales y de aguas lluvias, para contribuir a la disminución de la carga contaminante, por vertimiento de aguas residuales a las fuentes de agua.
- Incrementar aprovechamiento de subproductos derivados del tratamiento de aguas residuales.

Justificación

El reciclaje de las aguas grises puede aplicarse a todas las tipologías de edificaciones del Valle de Aburrá, tanto en zona urbana como en zona rural. La cantidad de agua que pueda reciclar la edificación, dependerá del consumo de agua al interior de esta y por lo tanto del número de personas que interactúan o habitan el lugar. Este recurso puede emplearse en los siguientes usos:

- Descargas de sanitarios, lavado de ropas, lavado de pisos, riego de zonas verdes y lavado de vehículos. La normativa nacional no define la calidad del agua para estos usos, por lo tanto quedará bajo la responsabilidad del ingeniero encargado de los diseños, determinar el tratamiento necesario para que el agua no afecte las instalaciones hidrosanitarias de la edificación, ni la salud pública (ver ítem 4.3.7 de esta guía).

Descripción del procedimiento

La cantidad de agua que potencialmente puede ser reciclada, será calculada a partir de la siguiente información:

- Número de personas que habitarán la edificación o número de posibles usuarios que la puedan frecuentar.
- Dotación de acuerdo a la tipología de la edificación considerada. A este valor se le deberá restar el porcentaje de agua que es utilizada para las descargas sanitarias, ya que éstas serán conducidas al sistema de alcantarillado. La Tabla 4 permite tener una aproximación de los porcentajes de agua que se utilizan en los diferentes usos al interior de una vivienda, sin embargo, para todas las tipologías de edificaciones, se deberá considerar como mínimo la documentación referenciada para el cálculo de dotaciones (numeral 4.3.2. de la presente guía).

Para el diseño, construcción y operación de las dobles redes hidrosanitarias, que permitan la recolección y redistribución de las aguas grises, será necesario considerar los parámetros técnicos que contiene el Código Colombiano de Fontanería (NTC 1500).

El diseño, la construcción y la operación del sistema de almacenamiento y tratamiento de las aguas grises, estarán a cargo del profesional competente quien deberá considerar el reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico - RAS 2000 (ver ítem 4.3.7 de esta guía).

Adicionalmente, es posible consultar los siguientes documentos nacionales:

- “Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana” elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible en el Año 2012, el cual presenta una ficha técnica llamada “uso, reúso y reciclaje de aguas grises” como una fuente alternativa que permita disminuir el uso del agua potable en las edificaciones.
- “Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones” Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, resolución 549 de 2015
- El título J del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000. Documento que ofrece alternativas tecnológicas y procedimientos de abastecimiento de agua y saneamiento para el sector rural, pero que pueden ser igualmente aplicadas para el sector urbano.
- Numeral 4.2.1. Guía para el ahorro de agua y energía en Edificaciones. Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Decreto 1285 de 2015 Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio

4.3.6. Diseño Integral de Sistemas Hidrosanitarios



Justificación

Bajo el modelo convencional, la función de los sistemas hidrosanitarios de una edificación consiste en abastecer de agua potable todos sus aparatos y equipos sanitarios y recolectar las aguas servidas junto con las aguas lluvias, transportarlas fuera de la edificación y depositarlas en el sistema de alcantarillado correspondiente ya sea residual, pluvial o combinado. Cuando se incorporan criterios de sostenibilidad a la gestión del agua es necesario diseñar y construir sistemas adicionales para almacenar, transportar y tratar agua de diferentes calidades (ver numerales 4.3.3, 4.3.4 y 4.3.5 de la presente Guía). Generalmente, estos sistemas sostenibles introducen un costo adicional a la inversión inicial. Si bien este sobrecosto es recuperable a través de una disminución de costos operativos por vía de una reducción en el consumo de servicios públicos, la viabilidad de estos sistemas depende de la eficiencia con que sean diseñados, para lo cual se requiere un proceso de diseño que considere de manera integral y sistémica todos los componentes de la oferta de lluvias, subterráneas, grises y suministro acueducto, así como todos los componentes de la demanda: consumo humano, descarga sanitaria, aseo general y riego, entre otros.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir el consumo de agua potable en usos que no requieren dicha calidad.
- Incrementar el nivel de aprovechamiento de las aguas lluvias.
- Incrementar el nivel de reúso de aguas grises.
- Disminuir la carga contaminante por vertimiento de aguas residuales al sistema hídrico natural.
- Mantener coeficientes de escorrentía similares a los coeficientes naturales del lugar.
- Incrementar la permeabilidad del suelo urbanizado y del suelo a urbanizar con el fin de mantener caudales equivalentes a los de la recarga natural.
- Mantener caudales de extracción de agua subterránea por debajo de los caudales de recarga específicos.
- Incrementar el nivel de aprovechamiento del agua subterránea que deba ser extraída para abatimiento del nivel freático.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero sanitario o civil con experiencia en instalaciones hidráulicas y sanitarias.
Arquitecto con experiencia en edificación.



Descripción del procedimiento

- Antes de realizar el diseño de las redes hidrosanitarias en la edificación, será necesario evaluar la viabilidad del aprovechamiento del agua proveniente de fuentes diferentes a la red de agua potable, que fueron planteadas en los numerales anteriores. Se recomienda realizar un balance hídrico global que permita identificar los diferentes componentes de oferta y de demanda de agua en la edificación (ver Figura 18).

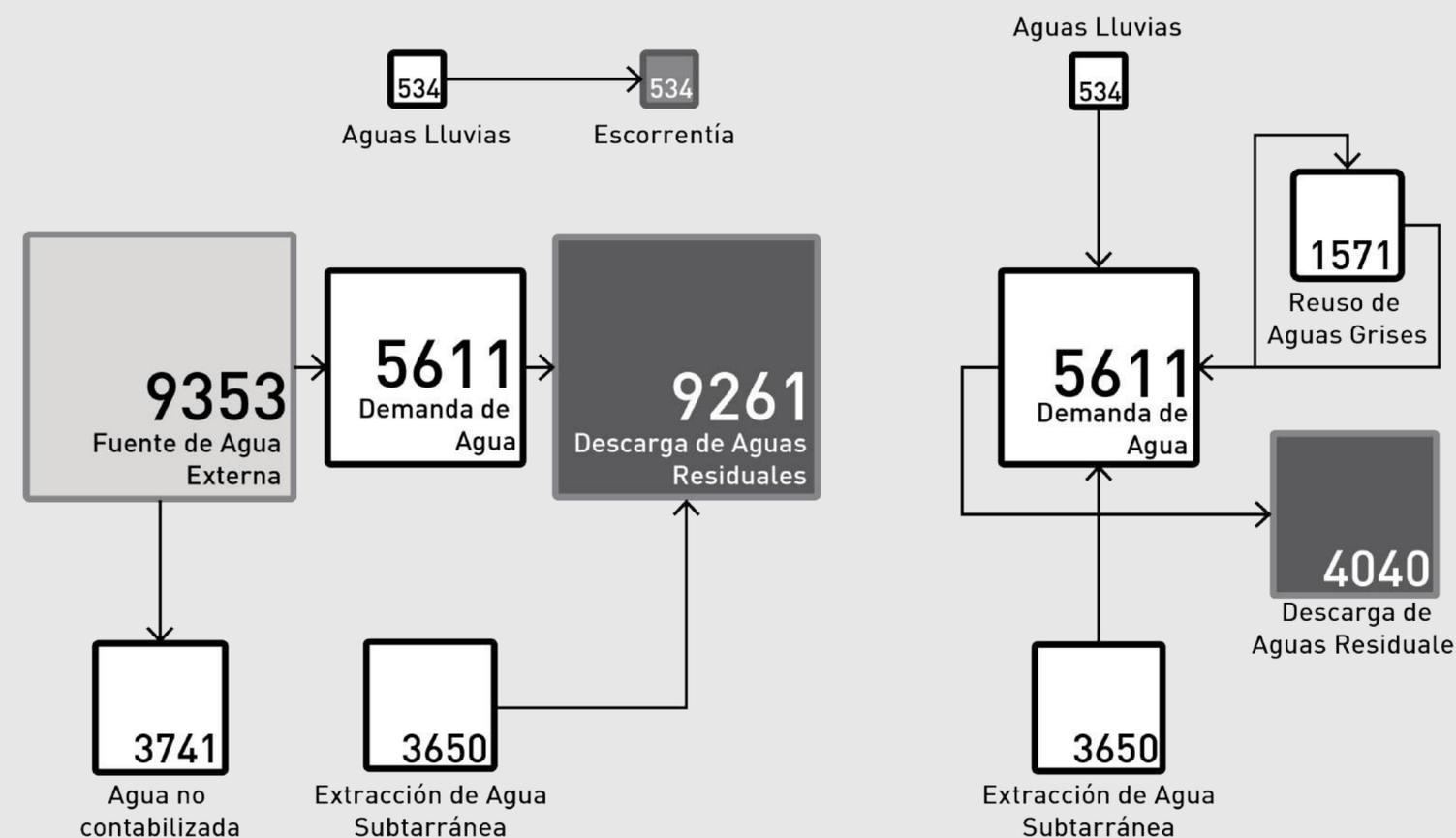


Figura 18. Ejemplo de comparación del balance hídrico en una edificación, convencional vs sostenible. Este balance aplica únicamente para el ejemplo analizado. Cada proyecto debe efectuar su propio balance. Fuente: Penagos & Gonzalez, 2014.

4.3.6. Diseño Integral de Sistemas Hidrosanitarios

- Evite disponer de manera adyacente los dispositivos que suministren agua de diferentes calidades. Adicionalmente, cuando la calidad del agua suministrada no sea apta para el consumo humano, el dispositivo correspondiente deberá estar adecuadamente señalado.
- Procure centralizar usos que emplean la misma calidad del agua con el fin de reducir los tramos de recorrido de redes, ubicando baños, duchas, áreas de cocina, cuartos de aseo, zonas de lavado de ropas en zonas comunes. Esta labor deberá desarrollarse de manera conjunta entre el ingeniero sanitario y el arquitecto
- Ajuste las especificaciones como diámetros y potencias de los elementos que componen los sistemas tales como bombas, tuberías, dispositivos, etc., de acuerdo con las presiones y caudales reales que estarán operando.
- Analice cuidadosamente la calidad del agua de los diferentes componentes de oferta y priorice los usos más compatibles con la calidad disponible, de modo que se minimicen los costos asociados al tratamiento.
- Para identificar los parámetros de diseño, construcción y operación de redes sostenibles se recomienda consultar el Código Colombiano de Fontanería (NTC 1500). La instalación de redes dobles se realiza de manera similar a una red hidrosanitaria convencional, la diferencia radica en que el profesional competente deberá especificar tuberías adecuadas para cada calidad y uso. Ya se encuentran disponibles en el mercado tuberías con códigos de colores que incluyen aguas recicladas.
- Identifique proveedores y productos que se ajusten a los lineamientos enunciados en el numeral 4.4 Materialidad Sostenible que se proporcionan más adelante en esta guía.
- Siempre que sea posible, será conveniente la instalación de sistemas de detección de fugas que permitan identificar rápidamente pérdidas de agua.

Adicionalmente, se puede consultar la ficha número dos “Optimización de las redes de suministro y desagüe” y la ficha número seis “separación de colectores de aguas residuales y aguas lluvias”, del documento público nacional “Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana”.

4.3.7. Sistemas de Tratamiento



El tratamiento del agua consiste en una serie de procesos de tipo físico, químico, físico-químico o biológico, destinados a ajustar diferentes aspectos de calidad del agua a unos parámetros definidos con base en un determinado uso. El tratamiento puede aplicarse a aguas de origen natural como lluvias, fuentes superficiales o subterráneas, aguas de procesos industriales o productivos en general o aguas residuales. La combinación y naturaleza de los procesos varía en función tanto de las propiedades iniciales del agua como de los requerimientos según su uso final.

Desde la normativa colombiana, se habla de tratamiento para potabilizar el agua, es decir para volverla apta al consumo humano, y de tratamiento para la depuración de las aguas residuales. Por lo tanto, dependiendo de la proveniencia del agua se emplearán las etapas del tratamiento de depuración o del tratamiento de potabilización, llevando la calidad del agua hasta el punto que lo exige su uso.

Un tratamiento general de potabilización presenta las siguientes etapas:

- 1. Pretratamiento:** En esta fase se remueve material flotante y/o suspendido, a través de procesos físicos o físico-químicos.
- 2. Coagulación – floculación:** En esta fase se remueven las partículas más finas, que se encuentran en suspensión, a través de sustancias químicas que inducen el aglutinamiento de las partículas, ocasionando la formación de partículas de mayor tamaño y por tanto de mayor peso.
- 3. Sedimentación:** En esta fase se decantan por acción de la gravedad los sólidos suspendidos o flocs que se formaron en la fase anterior.
- 4. Filtración:** En esta fase se remueven del agua las partículas suspendidas y coloidales que no pudieron ser removidas en las fases anteriores, haciendo pasar el agua a través de un medio poroso.
- 5. Desinfección:** En esta etapa se remueven o eliminan los organismos patógenos que presenta el agua, a través de procesos físicos o químicos.

Un tratamiento general para depurar las aguas residuales presenta las siguientes etapas:

- 1. Pretratamiento:** En esta etapa se retiene y remueve el material extraño de tamaño considerable que pueda interferir negativamente en los tratamientos propiamente dichos. La remoción se realiza a través de procesos físicos y/o mecánicos, como rejillas, desarenadores y trampas de grasa.
- 2. Tratamiento primario:** En esta etapa se remueven los sólidos suspendidos y la DBO presente en el agua, a través de procesos físico-químicos que incluyen sistemas de sedimentación o precipitación.
- 3. Tratamiento secundario:** En esta etapa se remueve la materia orgánica que esta disuelta en el agua, es decir la DBO soluble que no alcanza a ser removida en el tratamiento primario. Estas remociones se realizan a través de procesos biológicos, que pueden ser desarrollados en un medio aerobio o anaerobio, en ambos casos se genera una producción de fango que deberá ser gestionada de manera particular. Algunos de los procesos biológicos más usados son lagunas aireadas, filtros percoladores, biodiscos, lagunas de estabilización, lodos activados, entre otros.

4. Tratamiento terciario: En esta etapa se busca eliminar contaminantes específicos como fósforo, nitrógeno, metales pesados, virus, compuestos orgánicos, entre otros. La remoción se realiza a través de procesos físico-químicos o biológicos, para mejorar las condiciones finales del agua y hacerla apta para algún uso específico.

Las fuentes de agua consideradas en esta guía, comparadas entre sí, presentan calidades iniciales diferentes con un grado de contaminación relativamente bajo. Esto hace que en la mayoría de los casos no sea necesario utilizar todos los procedimientos que incluye un tratamiento, sea este de potabilización o de depuración del agua.

Justificación

Se presenta una aproximación sobre las características iniciales que puede presentar cada tipología de agua y de los tratamientos más usados para cada caso.

Agua lluvia

Las aguas provenientes de la lluvia, por lo general, son consideradas como una fuente de agua de buena calidad que no presenta alteraciones significativas que limiten su uso para las diferentes actividades que se realizan en las edificaciones. Su calidad inicial está relacionada directamente con la calidad del aire que presenta el entorno del proyecto, por lo tanto algunos de los parámetros de mayor importancia que pueden alterar su calidad, serán la acidez y la turbiedad. El grado de acidez dependerá de la concentración de gases, como los óxidos de azufre y nitrógeno, que presenta el lugar, los cuales contribuyen a la generación de ácidos fuertes como el ácido sulfúrico y nítrico, que ocasionan la reducción del pH en el agua volviéndola ácida. Por otro lado, mientras el agua precipita, arrastra partículas que se encuentran suspendidas en el aire aumentando el grado de turbiedad de la misma. Esta fuente de agua, no teniendo origen residual, se tratará considerando las fases del tratamiento de potabilización. Por lo general, basta con un proceso simple de filtración y desinfección, sin embargo, deberá evaluarse la cantidad de procesos a utilizar, en base a la cantidad de parámetros que sobrepasen la normativa que aplique para el uso en particular.

Agua subterránea

La calidad inicial que presente el agua subterránea puede ser muy variable dependiendo de la zona de influencia del acuífero. Si bien la capa de suelo que se encuentra sobre el nivel freático, sirve de filtro para mejorar las condiciones del agua que ingresa en el terreno, el acuífero del Valle de Aburrá, según lo planteado en el documento de Línea Base, está sufriendo un deterioro progresivo en su calidad. En este caso, deben evaluarse la cantidad de procesos a utilizar en base a la cantidad de parámetros que sobrepasen la normativa que aplique para el uso en particular.

4.3.7. Sistemas de Tratamiento

Aguas grises

Las aguas grises pueden presentar una calidad inicial variable para cada tipología de edificación, dependiendo de los usuarios y de las actividades que se desarrollen en la edificación considerada, presentando mejor calidad las de tipo residencial. El uso de aguas grises puede resultar más viable en las edificaciones que dispongan de aguas procedentes de duchas, sin embargo, esto no es un limitante para su aprovechamiento en general. Los sistemas de tratamiento que permiten la reutilización de las aguas grises pueden ser muy variados, partiendo desde un uso directo hasta sistemas más complejos, dependiendo del uso final que se desee dar a esta tipología de agua. La siguiente figura presenta tres alternativas de tratamiento, que incluyen diferentes opciones tecnológicas.

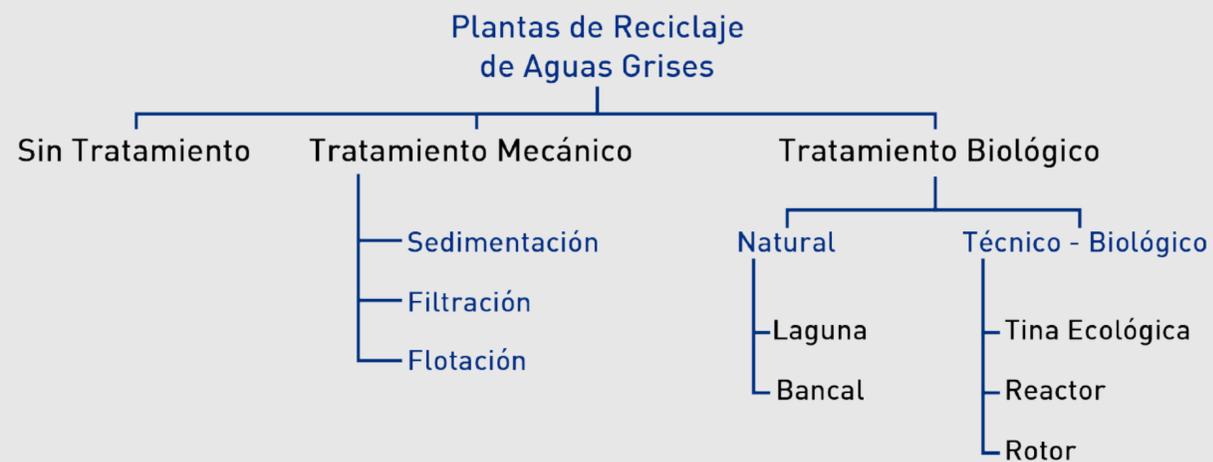


Figura 19. Alternativas de tratamiento para el reciclaje de aguas grises. Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Sistemas de tratamiento de aguas grises.

Sistema	Tecnología	Características/ Criterios de Selección
Natural	Humedal construido	Costo de inversión: Bajo Costo de mantenimiento: Bajo Requerimiento de espacio: Alto
Tecnificado	Convencional con uso de coagulantes	Costo de inversión: Medio Costo de mantenimiento: Medio Requerimiento de espacio: Medio
Automatizado	Varias marcas disponibles en el mercado internacional. Normalmente requiere importación.	Costo de inversión: Alto Costo de mantenimiento: Medio Requerimiento de espacio: Bajo

El reciclaje de aguas grises a través de filtración y desinfección, constituye una de las estrategias más sostenibles para la gestión del agua en edificaciones. Es una alternativa técnicamente viable dada la adecuada calidad fisicoquímica y microbiológica de las aguas grises. La viabilidad económica dependerá del tipo de uso que se le quiera dar al agua reciclada, ya que puede requerir desinfección.

Se debe considerar un tratamiento primario previo cuando las aguas grises procedan de las cocinas, con el fin de remover las grasas, ya que interfieren de manera negativa en los procesos de filtración.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir el consumo de agua potable en usos que no requieren dicha calidad.
- Incrementar el nivel de aprovechamiento de las aguas lluvias.
- Incrementar el nivel de reúso de aguas grises.
- Disminuir la carga contaminante por vertimiento de aguas residuales al sistema hídrico natural.
- Mantener coeficientes de escorrentía similares a los coeficientes naturales del lugar.
- Incrementar la permeabilidad del suelo urbanizado y del suelo a urbanizar con el fin de mantener caudales equivalentes a los de la recarga natural.
- Mantener caudales de extracción de agua subterránea por debajo de los caudales de recarga específicos.
- Incrementar el nivel de aprovechamiento del agua subterránea que deba ser extraída para abatimiento del nivel freático.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero sanitario con experiencia de 2 a 5 años en diseño de plantas de tratamiento, dependiendo de la complejidad del sistema. Según lo especificado en el título A de RAS 2000.



4.3.7. Sistemas de Tratamiento

Descripción del procedimiento

Para saber qué tipo de tratamiento se deberá aplicar al recurso hídrico disponible en la zona de interés, es necesario realizar un análisis físico- químico, que permita evaluar la calidad inicial del agua que se quiere aprovechar, sea de origen pluvial, subterráneo o residual (aguas grises). A partir de la calidad inicial, el profesional competente decidirá el uso más conveniente para dicha fuente, de modo que requiera un tratamiento mínimo para lograr la calidad deseada. Se deberán considerar las siguientes normativas nacionales que contienen los parámetros de calidad, que deberá cumplir el agua dependiendo del uso para el cual se destinará:

- Cuando el uso es para consumo humano, se deberá cumplir con las especificaciones del decreto 1575 de 2007 y la resolución 2115/2007 del Ministerio de Protección Social, control de la calidad del agua para consumo humano.
- Si el uso es diferente al consumo humano, se deberá consultar el decreto 3930 de 2010 y el decreto 1594 de 1984, que definen los usos del agua en el territorio nacional y los criterios de calidad con los cuales debe cumplir cada uso (Ver Guía n°1). Sin embargo, estos decretos no definen los parámetros de calidad que deberá tener el agua proveniente de las diferentes fuentes consideradas: agua de lluvia, agua subterránea y aguas grises, para ser utilizada en la edificación en usos diferentes al consumo humano. Por lo tanto, la calidad final que deberá tener el agua quedará a criterio del profesional competente, quien está en grado de determinar los parámetros mínimos que no generen riesgo, en la salud pública ni en la vida útil de las redes hidrosanitarias. Algunos de los criterios que deberán ser considerados son los siguientes:
 - Ausencia de películas visibles de grasa, espumas y de cualquier otro material flotante proveniente de la actividad humana.
 - Ausencia de sustancias que produzcan olor y color.
 - Ausencia de sustancias tóxicas o irritantes cuya acción por contacto y/o inhalación, produzcan reacciones adversas sobre la salud humana.
 - Ausencia de compuestos ácidos o básicos que puedan interferir con la vida útil de las redes hidrosanitarias.
- Para utilizar el agua proveniente de la lluvia y/o del subsuelo, durante la fase de construcción del proyecto en la elaboración de concretos, se deberá considerar las disposiciones de calidad, establecidas por la norma NTC 3459” o la norma ASTM C1602M. Adicionalmente, se puede consultar el trabajo de grado “Concreto confeccionado con aguas lluvias” del Ingeniero Carlos Andrés Medina (Medina Restrepo, 2013).

Una vez se defina la calidad del agua y el uso que se le dará, se considerarán los siguientes títulos del reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico – RAS 2000, que contienen los lineamientos técnicos para la fase de diseño, construcción y operación de las plantas de tratamiento:

- El título C: “Sistemas de potabilización”
- El título E: “ Tratamiento de aguas residuales”
- El título J: “Sector rural”. Documento que ofrece alternativas tecnológicas y procedimientos para el tratamiento del agua en el sector rural, pero que pueden ser igualmente aplicadas para el sector urbano.
- Los artículos 104, 105, 106 y 107 de la resolución 1096 de 2000 “Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS”, especifican los tratamientos mínimos necesarios que deberán ser aplicados en función de la calidad del agua proveniente de una fuente aceptable, regular, deficiente o muy deficiente.
- También puede consultarse la ficha número siete “Eliminación de grasas del sistema de aguas residuales”, del documento público nacional “Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana”.

4.3.8. Humedales construidos



Justificación

En edificaciones localizadas en zona rural y otras zonas no conectadas a un sistema de alcantarillado se emplean habitualmente pozos sépticos para el tratamiento de aguas residuales. No obstante, estos sistemas no constituyen en sí mismos sistemas de tratamiento completo, realmente son pre tratamientos y por lo tanto, deben ser complementados con otros sistemas (RAS, 2000). Los humedales construidos de flujo subsuperficial presentan una alternativa eficaz y de bajo costo, que además puede integrarse a estrategias generales de infraestructura verde (ver Guía n°3), siendo útil también para el tratamiento de aguas grises cuando no van a ser reutilizadas. También pueden integrarse como parte de los sistemas de gestión de escorrentía urbana a los Sistemas de Drenaje Sostenible que se discuten en la Guía n°3.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la carga contaminante por vertimiento de aguas residuales al sistema hídrico natural.
- Mantener coeficientes de escorrentía similares a los coeficientes naturales del lugar.
- Incrementar la permeabilidad del suelo urbanizado y del suelo a urbanizar con el fin de mantener caudales equivalentes a los de la recarga natural.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero sanitario con experiencia en el diseño de redes hidrosanitarias.



Descripción del procedimiento

Los humedales construidos constituyen ecotecnologías de bajo costo de inversión y operación que permiten el tratamiento de aguas residuales, así como el tratamiento de la escorrentía urbana.

Un humedal construido para el tratamiento de las aguas residuales por biofiltración permite eliminar una cantidad significativa de contaminantes de las aguas residuales antes de ser vertidas al nivel freático, a una fuente de agua, a un humedal natural o antes de ser reutilizada para riego, aseo general, vaciado de sanitarios y otras actividades que no requieran agua potable.

El tipo de tratamiento es principalmente biológico y es llevado a cabo por las bacterias que crecen dentro del sustrato y que reciben oxígeno desde las raíces de las plantas sembradas en el humedal (ver Figura 20). En un humedal de flujo subsuperficial las aguas residuales fluyen por el sistema bajo la superficie, lo cual elimina el riesgo de estancamiento, producción de malos olores y la proliferación de insectos.



Figura 20. Humedal construido para el tratamiento de aguas residuales. Corporación Recreativa de Antioquia. Guatapé - Antioquia

4.3.8. Humedales construidos



Figura 21. Esquema de un humedal construido de flujo subsuperficial. Fuente. Elaboración propia.

El sistema consiste en una capa delgada (5 cm) de arena en el fondo, sobre la cual se dispone una capa gruesa (45-75 cm) de grava o ladrillo triturado de tamaño pequeño-medio, y con una capa superior delgada (5 cm) de tierra. Las plantas que deben emplearse en los humedales construidos son aquellas capaces de crecer en humedales naturales. La Figura 22 muestra algunas de los géneros más apropiados.



Figura 22. Algunos géneros de plantas apropiadas para humedales construidos de flujo subsuperficial.

El tamaño de un humedal construido depende de la cantidad de efluente que se va a tratar y de la cantidad de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que se necesita reducir. La DBO es simplemente una medida de la carga de materia orgánica presente en el agua a tratar.

Criterios de funcionamiento

- Debe haber agua permanentemente dentro del sistema para mantener las plantas y las bacterias vivas.
- Se debe evitar el ingreso de escorrentía al sistema.
- El agua debe tener un tiempo de permanencia en el sistema superior a 2 días.
- El sistema debe estar impermeabilizado mediante geomembrana.
- Se debe chequear permanentemente el funcionamiento del sistema. Para ello se recomienda una caja de inspección a la entrada y una caja de inspección a la salida del humedal.

Criterios de ubicación

Para decidir la ubicación del sistema del tratamiento de las aguas residuales, es importante considerar lo siguiente:

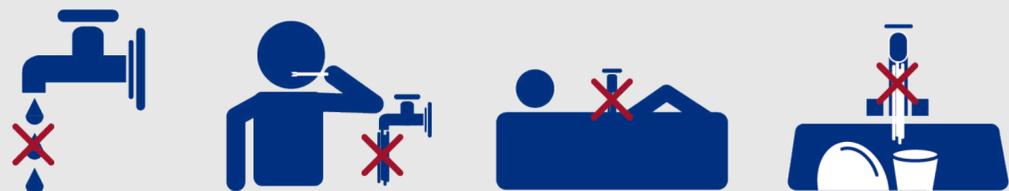
- Debe buscarse un área que reciba luz solar de manera directa.
- Se recomienda una pendiente de aproximadamente 0.5% para propiciar un flujo por gravedad.
- Debe considerarse accesibilidad para el mantenimiento, el cual es de baja intensidad pero necesario. El tamaño de un humedal construido depende de la cantidad de efluente que se va a tratar y de la cantidad de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) que se necesita reducir. La DBO es simplemente una medida de la carga de materia orgánica presente en el agua a tratar.

4.3.9. Dispositivos de ahorro y uso eficiente del Agua



Justificación

Existen alternativas que permiten disminuir aquellos consumos de agua al interior de las edificaciones que dependen de los hábitos y costumbres de sus ocupantes, quienes normalmente desperdician gran cantidad de agua mientras realizan sus actividades cotidianas, como lo muestra la Figura 23.



Cultura del Agua

No dejar el suministro de agua abierto, mientras hago otras actividades

Figura 23. Uso eficiente del Agua. Fuente: elaboración propia.

Sin embargo, también existen alternativas que pueden ser incorporadas desde el diseño de las redes hidrosanitarias de la edificación, a través de dispositivos que permitan maximizar el rendimiento del agua, como son las cisternas de bajo consumo, duchas de alta eficiencia, los grifos mono-mandos, las lavadoras de bajo consumo, los reguladores de presión, entre otros.

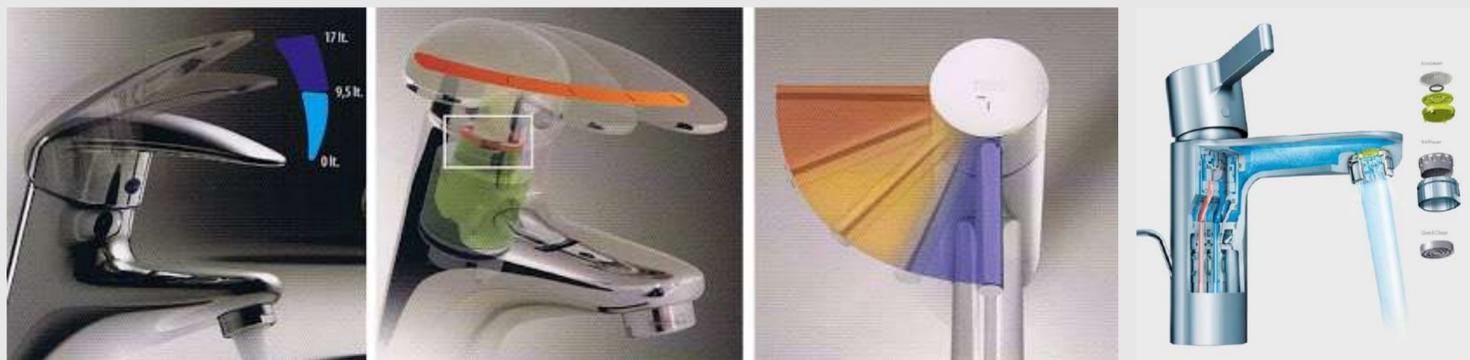


Figura 24. Filtros de Agua.

Fuente: <http://4.bp.blogspot.com/-Nt2ZWovFKhY/TgWjZ5hbZml/AAAAAADtl/jyf9Ha-obFc/s640/Ecoeficiente+TRES.bmp>; <https://sales.com.ua/imagecache/data31060000%20Hansgrohe%20Metris%20S%20D0%A1%D0%BC%D0%B5%D1%81%D0%B8-700x700.jpg>

Estos filtros son dispositivos que se sitúan en la salida de las griferías mono-mando o bimando. Su función es mezclar agua y aire, consiguiendo con menor cantidad de agua, el mismo efecto y servicio de confort para el usuario. Estos elementos aportan diferentes caudales, por lo tanto dependiendo del tipo de aireador que se utilice, se puede obtener un ahorro de hasta un 50% del agua que aporta la grifería sin este dispositivo.

En conjunto, todos estos dispositivos son alternativas poco costosas que pueden generar ahorros de hasta un 30% en el consumo global de agua, considerando el consumo de agua potable, en la generación de aguas residuales y en el costo tarifario para los usuarios. La implementación de estos dispositivos en las nuevas redes hidrosanitarias podrían generar ahorros también en los procesos constructivos, así como en la infraestructura urbana.

El artículo 15 de la ley 373 de 1997 expresa la obligatoriedad del uso de aparatos, equipos, sistemas y accesorios ahorradores de agua. Este artículo fue reglamentado por el Decreto presidencial 3102 de 1997, cuyo artículo 3, expresa la obligación por parte de los constructores y urbanizadores de usar este tipo de equipos:

ARTICULO 3o. OBLIGACIONES DE LOS CONSTRUCTORES Y URBANIZADORES. A más tardar el 1o. de julio de 1998, todas las solicitudes de licencias de construcción y/o urbanismo y sus modalidades, deberán incluir en los proyectos, la utilización de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir el consumo global de agua en la edificación

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero sanitario con experiencia en el diseño de redes hidrosanitarias.



Descripción del procedimiento

Desde el diseño de una edificación se deberá considerar la instalación de dispositivos que permitan tener un bajo consumo de agua, evaluando las diversas posibilidades que ofrece el mercado actual para cada necesidad específica de la edificación.

4.3.9. Dispositivos de ahorro y uso eficiente del Agua

La siguiente documentación ofrece lineamientos técnicos sobre el tipo de dispositivo, que se debe tener en cuenta dependiendo del uso y del sistema al cual se le aplicará, además de suministrar información sobre la instalación, operación y mantenimiento de los mismos:

- Las especificaciones técnicas de los aparatos, equipos y sistemas ahorradores, están reguladas en las Normas Técnicas Colombianas NTC 920-1 y NTC 920-2.
- El capítulo 5 del Código Colombiano de Fontanería (NTC 1500), presenta un numeral con especificaciones técnicas de los aparatos, equipos, sistemas y accesorios de bajo consumo de agua.
- El anexo 2 del documento “Términos de referencia programa uso eficiente y racional del agua aplicación ley 373/97”, presenta información sobre los sistemas economizadores de agua. El documento se puede consultar a través de la página web del AMVA, www.metropol.gov.co.
- El numeral 4 de la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones del Decreto 1285 de 2015, presenta información sobre accesorios de conservación del agua.
- El documento “Evaluación técnica y económica de tecnologías para reúso de aguas de proceso en industrias de los sectores alimentos, textil, curtimbres y galvanoplastia” Marzo 2005. Se puede consultar a través de la página web del AMVA, www.metropol.gov.co.
- La ficha número uno “uso de aparatos y dispositivos eficientes (economizadores o ahorradores)” del documento público nacional “Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana”.

Nota:

Entre la tecnología utilizada actualmente para los sanitarios, se desaconseja el uso de dispositivos que funcionan de manera automática, a través de sensores que detectan el movimiento, ya que resultan poco prácticos como tecnología de bajo consumo al presentar problemas en la detección de usuario, generando hasta tres descargas por cada uso.

4.4. Materialidad Sostenible



4.4.1. Escalas de la Materialidad Sostenible

En la actividad constructiva, como en todo proceso sistémico, el todo es más que la suma de las partes, y en este sentido, una de las afirmaciones más importantes que componen el marco conceptual de la PPCS VA es que una sumatoria de edificaciones ecoeficientes no da lugar a una ciudad o una región más sostenible. De igual forma, la sumatoria de una serie de materiales que cumplan con determinados estándares ambientales no da lugar a un proyecto sostenible.

La Política Pública de Construcción Sostenible introduce el término de materialidad sostenible para señalar las diferentes escalas en las cuales deben tomarse decisiones de sostenibilidad material:

- 1. Sistemas constructivos.** Como se evidencia en el numeral 4.4.2 la selección del sistema constructivo, por sí misma puede generar impactos negativos o positivos en indicadores de sostenibilidad como la energía incorporada, la huella de carbono y, por supuesto, la intensidad material.
- 2. Coordinación modular.** El numeral 4.4.3. muestra que las decisiones que se toman a nivel de diseño arquitectónico también tienen incidencia sobre el consumo final de materiales, así como en la producción de residuos de construcción.
- 3. Perfil ambiental de los materiales y elementos constructivos.** El numeral 4.4.4 hace referencia a los indicadores de impacto que definen el perfil ambiental de un material o elemento de construcción. Todas las iniciativas emprendidas por los proveedores de materiales con el fin de disminuir los impactos ambientales derivados de su actividad, contribuyen de manera directa con la sostenibilidad del producto y por lo tanto, con la sostenibilidad del proyecto.

- 4. Desempeño en la fase operativa y al final de la vida útil.** Bajo el enfoque de ciclo de vida de la PPCS VA, el perfil ambiental de la fabricación de los materiales es solo un factor de decisión, pero no es el único. Se requiere conocer el impacto de los materiales durante su fase de operación, así como al final de su vida útil. Estos aspectos se abordan en los numerales 4.4.6 y 4.4.7, en términos de confort y eficiencia energética; de emisividad y toxicidad; así como en términos de la durabilidad y posibilidades de reúso, lo cual se relaciona con el punto 7, la deconstrucción.

- 5. Mejoramiento tecnológico del desempeño.** Si bien todos los materiales y elementos de construcción son susceptibles de mejoramiento en su desempeño técnico y ambiental, este aspecto hace énfasis en el concreto. Bajo el numeral 4.4.8 se muestra que el concreto es el material más usado actualmente por la humanidad y cómo en el futuro cercano seguirá estando en el centro de la actividad constructiva. A lo largo de los últimos 100 años, el desarrollo de la ciencia y la tecnología de los materiales ha permitido incrementar enormemente el desempeño, tanto ambiental como técnico del concreto. La apropiación e implementación de este desarrollo tecnológico constituye uno de los principales retos para la construcción sostenible a nivel nacional y local.

- 6. Práctica constructiva.** Este aspecto hace énfasis nuevamente en el concreto. Como se verá más adelante, su desempeño particular puede variar significativamente de acuerdo con las condiciones de preparación de mezclas, colocación, condiciones de fraguado, entre otros factores que están relacionados directamente con la práctica constructiva en la fase de obra. Es decir que, aun si se cuenta con los mejores materiales e insumos, la práctica constructiva es decisiva para lograr los objetivos técnicos y ambientales definidos para cada proyecto.

- 7. Deconstrucción.** Uno de los principales impactos sociales, ambientales y económicos relacionados con la materialidad tiene que ver con el fin de la vida útil de las construcciones. Se plantea el concepto de deconstrucción como alternativa a la demolición, con el fin de disminuir la generación de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs), al tiempo que se prolonga la vida útil de los elementos o materiales constructivos.

- 8. Valorización de residuos.** La valorización de los RCDs, incluyendo el suelo residual de excavación; así como los residuos industriales y algunos residuos especiales; ofrece una importante oportunidad para reducir la generación de residuos de diferentes sectores de la economía, además de disminuir la demanda de materias primas por parte de la actividad constructiva. No obstante, estos procesos deben ser desarrollados bajo criterios científicos y deben ser implementados a nivel industrial, con el fin de que su costo sea viable y se pueda convertir en una alternativa escalable y replicable, como se verá más adelante.

4.4.2. Sistemas Constructivos



Justificación

El documento de Línea Base (AMVA & UPB, 2015a), describe la Intensidad Material de los sistemas constructivos más usados a nivel nacional y local. La intensidad material representa un mayor impacto sobre la explotación de los recursos naturales, consume más energía y genera una mayor cantidad de emisiones, acciones que incrementan la huella de carbono del material y que por lo tanto hacen menos sostenible el sistema, condición que se ve exacerbada cuando se hace uso de materiales, cuyos procesos de extracción o fabricación, representan considerables impactos ambientales y/o sociales.

La Figura 25 muestra una predominancia del Sistema de Mampostería Confinada, la cual consume 2.4 ton de materiales/m². Así mismo, se evidencia que el 98.7% de los proyectos en el Valle de Aburrá, son desarrollados bajo sistemas de mampostería confinada, estructural e industrializado, es decir bajo sistemas constructivos convencionales. Solo el 1.3% hace uso de otros sistemas, dentro de los que se encuentran las estructuras metálicas, en madera y en guadua, las cuales, al igual que los sistemas de concreto y mampostería estructural, se encuentran considerados y son regulados por la NSR 10 (2010), en sus títulos F y G, y que valdría la pena revisar en el proceso de definición de la materialidad de la edificación.

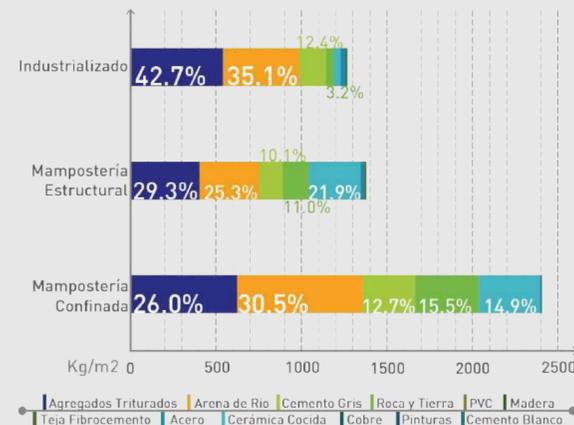
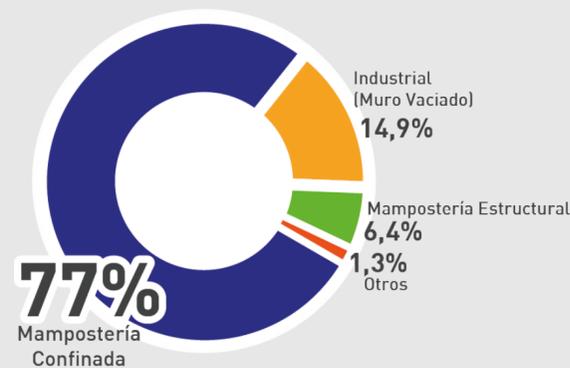


Figura 25. Consumo de materiales por sistema constructivo. Fuente: Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales utilizados en la construcción de edificaciones colombianas (UPME, PNUD, Ecoingeniería, 2012)

Este hecho constituye una importante oportunidad para la sostenibilidad de la actividad constructiva en el País y la Región, con relación a la innovación orientada al desarrollo de nuevos sistemas constructivos de menor intensidad material. Este simple hecho contribuiría significativamente con la disminución de impactos ambientales de la construcción, a la vez que permitiría reducir costos económicos directos, incrementando la rentabilidad de la actividad constructiva en tipologías comerciales y posibilitando una mayor accesibilidad a la vivienda social (VIS y VIP).

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad de los materiales por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general

Profesional (es) requerido (s)

Profesional con formación básica en Ingeniería civil, con formación de posgrado en Ingeniería Estructural, en Ingeniería o Ciencia de Materiales.



Descripción del procedimiento

- Identifique las diferentes alternativas de sistemas constructivos aprobados por la norma NSR 10.
- Identifique el impacto ambiental de cada uno de estos sistemas haciendo uso de indicadores ambientales, como la intensidad material, la huella hídrica, la energía incorporada y la huella de carbono. Para obtener información sobre los indicadores ambientales de los principales sistemas constructivos (mampostería confinada, mampostería estructural y muros vaciados) se recomienda revisar el documento de Línea Base de la PPCS VA o la fuente original de la información, “Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales utilizados en la construcción de edificaciones colombianas” (UPME, PNUD, Ecoingeniería, 2012). Para otros sistemas constructivos se aconseja realizar cálculos basados en materiales, para lo cual también puede hacerse uso de la fuente anteriormente citada, igualmente puede solicitar esta información a los proveedores de materiales. Se recomienda que dicha información sobre el perfil ambiental esté respaldada por un ente independiente (ver numeral 4.4.4 de esta guía).
- Complemente los cálculos anteriores con estimaciones de carga muerta y estimaciones de la profundidad y volumen de excavación requerida para las fundaciones.
- Con base en lo anterior, estime la viabilidad económica de diferentes sistemas estructurales de acuerdo con el numeral 4.6 de esta guía.
- Elija el sistema estructural que proporcione la mejor relación costo beneficio, tanto en términos económicos, como ambientales.

4.4.3. Coordinación Modular



Justificación

Cuando se habla de diseño modular, se hace referencia a la aplicación del concepto de coordinación dimensional y/o modular al proceso de diseño arquitectónico. La coordinación dimensional es la aplicación de un rango de medidas relacionadas para el dimensionamiento de componentes y ensambles, y de la edificación que los incorpora (Building and Construction Authority, 2000; CIB & The International Modular Group, 1984). La coordinación modular, por otro lado, es una coordinación dimensional que emplea un módulo como unidad de medida básica, haciendo uso de esta, sus múltiplos y submúltiplos, para dimensionar la edificación y sus diferentes componentes.

La aplicación de estos conceptos implica una estrecha relación entre la fabricación de los componentes, el diseño de la edificación y la fase de obra, lo que resulta en múltiples beneficios prácticos y costo-eficientes del proyecto, así mismo “la aplicación y logro sistemático de esta técnica [...] garantiza una etapa de construcción y montaje óptima, rápida y económica de elementos de diferente procedencia, función y características” (ICONTEC, 1981).

Algunos de estos beneficios son la reducción de desperdicio de materiales en obra, producido en gran parte por la necesidad de hacer cortes de los componentes durante esta, el aumento de la productividad, la mejora de la comunicación y eficiencia entre el diseño y el proceso de montaje al proporcionarse un “lenguaje” dimensional común, y proveer a las instalaciones de un potencial de intercambiabilidad de los componentes que se traducen en una reducción en los costos de mantenimiento, en el fácil reemplazo de piezas que lo necesiten, en la posibilidad de hacer procesos de deconstrucción selectiva, que permita el reúso o reciclaje de muchos de estos componentes, entre otros (CIB & The International Modular Group, 1984).

Así pues, la reducción en la generación de RCDs, fruto de la disminución de desperdicios en la obra y la posibilidad de deconstruir para no demoler, la reducción en los tiempos de ejecución debido al aumento de la eficiencia en el montaje y la optimización de los recursos, que a su vez reduce los costos del proyecto, hacen del diseño modular una estrategia efectiva que aportará en gran medida a la sostenibilidad del proyecto.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad de los materiales por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos, relacionados con dicho objetivo general
- Reducir la generación de residuos de Construcción y Demolición en la obra.

Profesional (es) requerido (s)

Arquitecto o arquitecto constructor



Descripción del procedimiento

Este proceso debe realizarse de acuerdo con los procedimientos definidos en la NTC 45. Ingeniería civil y Arquitectura. Coordinación modular de la construcción. Bases, definiciones y condiciones generales, y la NTC 2332 Construcción de edificaciones. Coordinación modular. Principios y reglas.

Igualmente se recomienda consultar la ficha no. 20 de la guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyas orientaciones sobre este tema pueden resultar de gran utilidad para todo tipo de edificaciones.

4.4.4. Perfil Ambiental de Materiales y Elementos



En años recientes han surgido numerosas iniciativas respecto a materiales que se adjetivan como “sostenibles” o “ecológicos”, en algunos casos como una estrategia comercial, técnicamente infundada, o en otros, con un genuino interés por disminuir los impactos al medio ambiente, pero con limitaciones técnicas que no permiten la replicabilidad y escalabilidad, que por su composición y estructura tienen una baja durabilidad, o no cumplen con normatividad técnica. Con el fin de determinar si un determinado material o elemento constructivo, puede contribuir a incrementar la sostenibilidad de un proyecto, es importante conocer su perfil ambiental.

El perfil ambiental de los materiales utilizados para la construcción de edificaciones, está dado por el análisis de los impactos ambientales que éstos puede generar durante su ciclo de vida. La Figura 26 presenta las etapas que conforman un ciclo completo para la fabricación de los materiales y elementos de construcción, con algunos de los impactos ambientales que estos generan:

1
La extracción y el procesamiento de materias primas, contribuye al deterioro de los ecosistemas y de la biodiversidad en las zonas de explotación, generando pérdida de suelo y subsuelo, de cobertura vegetal, de diversidad biológica, de áreas de captación de agua, aumenta las escorrentías y genera contaminación del agua, suelo y aire.

2-3
La producción, empaquetado y distribución de los materiales, implican un alto consumo energético, generalmente de combustibles fósiles no renovables. Además, se generan vertimientos de aguas residuales a fuentes superficiales, emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a la atmosfera y una gran cantidad de residuos sólidos, todos ellos con un fuerte impacto ambiental.

4
El uso y mantenimiento de los materiales utilizados en la edificación, puede generar o no, impactos negativos durante la fase operacional de la misma, esto dependerá del tipo de material usado y de su utilidad, como se detallará más adelante.

5
La deconstrucción de la edificación implica la disposición final de los materiales, que dependiendo de su vida útil, podrán ser reusados, reciclados o dispuestos en un lugar apropiado. El no aprovechamiento de estos materiales implica un alto impacto ambiental y socio-económico, pues su disposición final contamina los suelos, afecta la salud de la población y genera un desperdicio económico considerable.

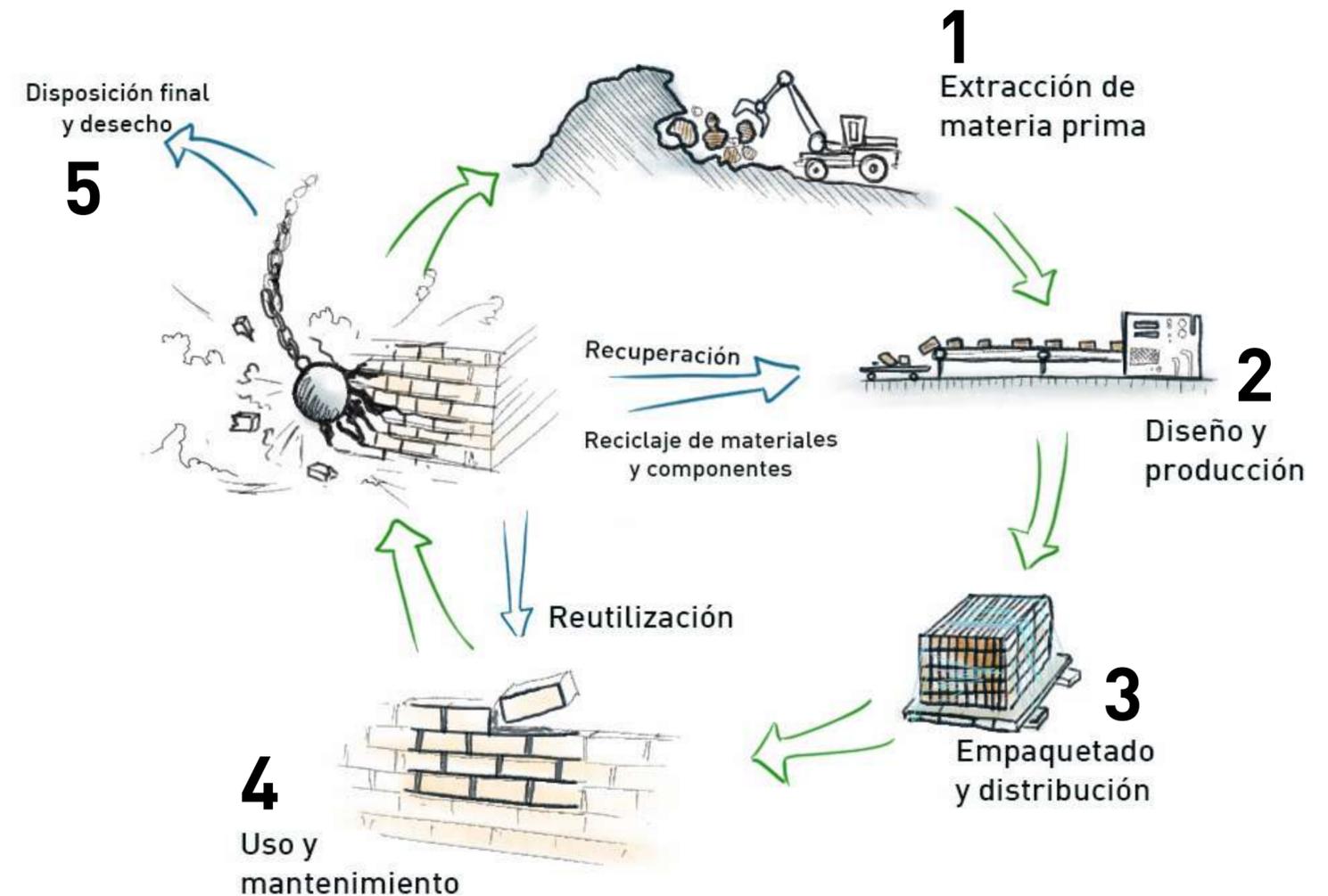


Figura 26. Análisis del ciclo de vida de un producto. Fuente: Adaptado de MADS (2012), MADS & CNPMLTA (2012).

Por lo tanto, la sostenibilidad del material, es decir su perfil ambiental positivo, se mide en la reducción de impactos ambientales que este tenga durante su vida útil. Entre ellos se pueden considerar la reducción de emisiones de GEI, la disminución de la generación de residuos tanto en la producción como en el empaquetado, la reducción del uso de agua, energía y materias primas, entre otros.

Es importante recordar, que además del criterio ambiental, la selección de materiales debe estar guiada por un criterio técnico, como se observa en la Figura 27.

4.4.4. Perfil Ambiental de Materiales y Elementos

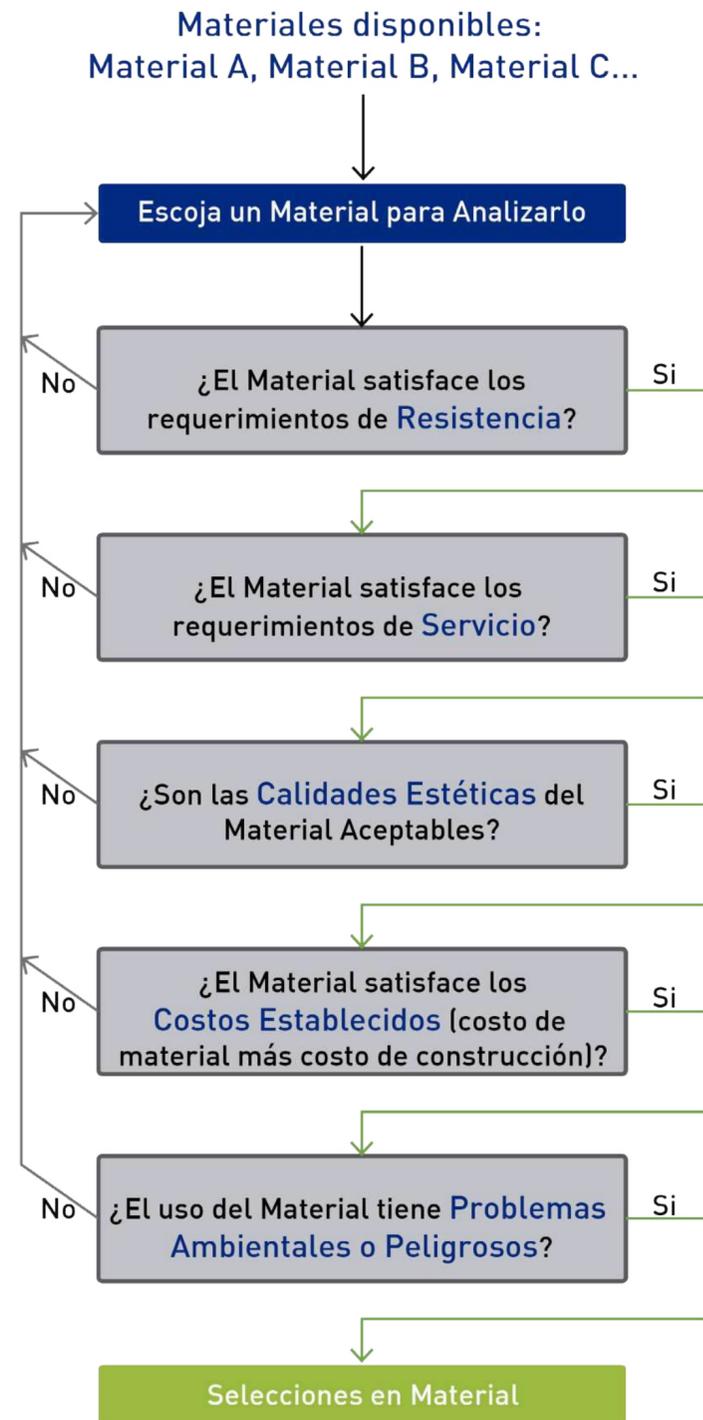


Figura 27. Criterios para la selección de materiales de construcción. Fuente: Salazar A. (2007)

Justificación

Considerando que cerca del 60% de los materiales que se extraen del planeta son utilizados en las edificaciones (MADS, 2012), resulta necesario que los profesionales encargados de diseñar y construir las edificaciones, utilicen materiales que en su proceso de elaboración hayan incorporado criterios ambientales, y por lo tanto, que sus industrias hagan un uso responsable de los recursos naturales del planeta. Esta iniciativa suscitará en las empresas que fabrican los materiales de construcción, la generación de cambios en sus modelos de producción actual, debiendo adaptarse a las condiciones del mercado que les permita ser cada vez más competitivos, en el continuo cambio que está experimentando el Valle de Aburrá hacia un desarrollo más sostenible.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Promover el consumo de los materiales que incorporen criterios de sostenibilidad durante su vida útil, es decir, aquellos que ya cuentan con un SAC o que presentan estudios técnicos que demuestren un bajo impacto ambiental.
- Reconocer comercialmente a las entidades que tienen en cuenta los criterios de sostenibilidad en sus productos.
- Incrementar la oferta de materiales sostenibles en el mercado.

Profesional (es) requerido (s)

Arquitecto, Constructor, Ingeniero y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del procedimiento

Para identificar los materiales del mercado que incorporan criterios ambientales durante su elaboración, existen mecanismos como las certificaciones, los sellos o las etiquetas de contenido ambiental y social, que permiten realizar elecciones seguras bajo un marco de parámetros aceptables (Adaptado de MADS & CNPMLTA, 2012).

4.4.4. Perfil Ambiental de Materiales y Elementos

A nivel nacional, el mecanismo de verificación, se realiza a través del Sello Ambiental Colombiano (SAC). El cual es un distintivo o sello que una empresa solicita de forma voluntaria y que indica que el bien o servicio que se está ofreciendo cumple con unos requisitos preestablecidos para su categoría. El programa funciona apoyado en una estructura que responde a las disposiciones del Subsistema Nacional de la Calidad y a las Normas ISO 14020, relativas a las etiquetas ambientales.

Por lo tanto, un producto o servicio identificado con el logo SAC indica que:

- Hace uso sostenible de los recursos naturales que emplea (materiales e insumos).
- Utiliza materias primas que no son nocivas para el ambiente.
- En el proceso de producción o prestación del servicio se involucra menos cantidad de energía, se hace uso de fuentes de energía renovable, o ambas.
- Considera aspectos de reciclabilidad, reutilización o biodegradabilidad.
- Usa materiales de empaque preferiblemente reciclable, reutilizable o biodegradable y en cantidades mínimas.
- Emplea tecnologías limpias o que generan un menor impacto relativo sobre el ambiente.
- Indica a los consumidores cuál es la mejor forma para su disposición final (MAVDT, 2010)

La Tabla 7 presenta algunos bienes o servicios que ya cuentan con una norma técnica colombiana asociada al SAC, y que buscan promover la oferta y demanda de productos y servicios que causen menor impacto en el ambiente, mediante información que puede ser verificada sobre los aspectos ambientales de dichos productos, a fin de evitar declaraciones que no estén respaldadas y no sean confiables.

También es posible consultar la siguiente documentación pública que contiene información relevante sobre los criterios de sostenibilidad de los materiales y sus fichas técnicas:

- Guía conceptual y metodológica de compras públicas sostenibles. Documento elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible – MADT, y por el Centro Nacional de Producción Más Limpia – CNPML. Año 2012 o en su versión más reciente.
- Implementando compras públicas sostenibles. Documento elaborado por el Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente – PNUMA. Año 2012 o en su versión más reciente.
- Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. Ficha número dieciocho “uso de materiales regionales”; Ficha No. 22: “Uso de materiales con menor impacto ambiental”; Detalle técnico número 8 y 9 “materiales y procesos con menor impacto ambiental”. Documento elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Año 2012 o en su versión más reciente.

Nota:

Se recomienda revisar periódicamente las nuevas NTC que puedan estar asociadas a un SAC, a través de la página web del ministerio: www.minambiente.gov.co

Tabla 7. Bienes o servicios con una norma técnica

Bien o Servicio	Norma Técnica Colombiana (NTC) Asociada al SAC	Prerrequisito de la Norma	Año
Aparatos Sanitarios de Alta Eficiencia	NTC_5757	NTC 920 , requisitos para aparatos sanitarios de porcelana vitrificada y requisitos hidráulicos NTC 3205, guía para plásticos. Sistemas de identificación NTC-ISO 14021 Etiquetas y declaraciones ambientales. NORMA ASME A.112.19.19, Vitreous China Nonwater Urinals	2010
Accesorios de fontanería	NTC_5871	NTC 3205, guía para plásticos. Sistemas de identificación NTC-ISO 14021 Etiquetas y declaraciones ambientales. NTC 1644, Requisitos ambientales para accesorios de suministro en fontanería	2011
Pinturas	NTC_6018	NTC 811, Método de ensayo para medir la adhesión de un recubrimiento NTC 1114, Método de ensayo para el efecto de las sustancias químicas domésticas en acabados orgánicos y pigmentados NTC 1335, Pinturas al agua tipo emulsión NTC 4974, Pinturas y barnices NTC 5616, Etiquetado general de pinturas, tintas y sus materias primas NTC 5828, Pinturas al agua tipo emulsión para uso exterior de alta resistencia Norma ASTM D6886	2013
Baldosas cerámicas	NTC_6024	NTC 919, Requisitos ambientales para baldosas cerámicas NTC-ISO 13006, 14001, 14021, 14040, 14044 NTC-ISO/IEC 17021, Evaluación de la conformidad ISO/TR 14025 Environmental Labels and Declarations. ASTM E 1980 Standard Practice for Calculating Solar Reflectance Index of Horizontal and LowSloped Opaque Surfaces	2013
Ladrillos y bloques de arcilla	NTC_6033	NTC 3205, guía para plásticos. Sistemas de codificación NTC-ISO 14001, 14020, 14021, 14024, 14040 GTC 86, Guía para la implementación de la gestión integral de residuos (GIR) NTC 296, Para sistemas de coordinación modular NTC 4205-1, 4205-2, 4205-3 Para muros de mampostería estructural, no estructural o de fachada NTC 3829, Para pavimentos (adoquines) con tráfico peatonal y vehicular liviano NTC 5282, Para pavimentos con tráfico vehicular pesado NTC 2086, Tejas de arcilla	2013
Aceros planos conformados en frío	NTC_6034	NTC 3205, guía para plásticos. Sistemas de codificación NTC-ISO 14001, 14021 GTC 86, Guía para la implementación de la gestión integral de residuos (GIR) GTC 53-8, Guía para la minimización de los impactos ambientales de residuos de envases y embalajes NTC 1560, 1986, Tubos de acero al carbono laminados en caliente y frío, soldados por resistencia eléctrica para uso general NTC 2842, 3470, 4526, 5680, 5681, 5685, 5805, Tuberías de acero dependiendo de su uso y tipo de fabricación	2013
Cemento		Existe ficha de criterios ambientales	
Prefabricados en concreto		TNC 6093 en elaboración	
Bombillas/ Luminarias		Existe ficha de criterios ambientales	
Producción de primero y segundo grado de transformación de Guadua Angustifolia Kunth.		NTC 6100 en elaboración	
Criterios para diseño y construcción de edificaciones sostenibles con uso diferente a vivienda.		La NTC se encuentra en estudio	

4.4.5. Desempeño Técnico como criterio de Sostenibilidad



Justificación

Bajo el enfoque sistémico de la Política Pública de Construcción Sostenible, la sostenibilidad de la materialidad debe reunir las siguientes condiciones:

- 1. Cumplimiento con estándares técnicos normativos.** En primer lugar, y sin excepción alguna, tanto la concepción integral de materialidad a la que este ítem hace referencia, como a sus componentes, materiales y sistemas, deben cumplir con las condiciones y requerimientos definidos por el Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistencia, NSR 10, y por las especificaciones y normas técnicas colombianas (NTCs) que los normalizan. Cualquier materialidad o componente que no cumpla con las características definidas por estas normativas según su función, que ponga en riesgo la seguridad y bienestar de los usuarios, debe ser considerada, por definición, como insostenible desde todos los puntos de vista. Bien sea que este riesgo se origine en la composición física y estructural del material o por su uso inadecuado dentro de un sistema.
- 2. Escalabilidad y replicabilidad.** La escalabilidad es una propiedad de carácter económico, se refiere a la implementación de alternativas que permitan generar economías de escala. Es decir que una alternativa sostenible de materialidad debe lograr una disminución en sus costos de producción (económicos, sociales y ambientales) a medida que se implementa en escala creciente, sin que se vea disminuido su desempeño. La replicabilidad, por su parte, se refiere a una propiedad técnica, que permite que una alternativa de materialidad sostenible, pueda ser implementada en repetidas ocasiones obteniendo siempre resultados predecibles y trazables.
- 3. Durabilidad.** Finalmente, si un elemento cumple con los principios antes descritos, pero tiene una baja durabilidad, es decir, necesita ser mantenido intensamente o reemplazado numerosas veces durante la vida útil de un proyecto, estará generando impactos negativos. Por esta razón, la definición de la materialidad es un proceso que requiere de criterios claros de decisión bajo una perspectiva de larga vida.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad de los materiales por metro cuadrado (m²) construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

- Profesional con formación básica en Ingeniería civil, con formación de posgrado en Edificación, Patología y Control de Calidad, Ingeniería Estructural, o en Ingeniería o Ciencia de Materiales.



Descripción del lineamiento

Desde este punto de vista, las características de desempeño técnico de los materiales y elementos constructivos son también criterios de sostenibilidad. La resistencia de un material no es el único criterio que debe utilizarse al diseñar estructuras. Frecuentemente, la rigidez suele tener la misma o mayor importancia. A continuación se listan los criterios técnicos a ser tenidos en cuenta para la selección de materiales y elementos constructivo:

- Esfuerzo significa la relación de la fuerza por unidad de área.
- Resistencia es la capacidad que tiene para resistir la acción de las fuerzas. Los esfuerzos básicos son: compresión, tensión y cortante. Al hablar de la resistencia de un material hay que conocer el tipo de esfuerzo a que estará sujeto.
- Rigidez: La propiedad que tiene un material para resistir deformaciones se llama rigidez. Si, por ejemplo, dos bloques de igual tamaño, uno de acero y otro de madera están sujetos a cargas de compresión, el bloque de madera se acortará más que el de acero. La deformación de la madera es cerca de 30 veces mayor que la del acero, y se dice que éste último es, por lo tanto, más rígido.
- Plasticidad: es la capacidad de un material para deformarse bajo la acción de un esfuerzo y retener dicha acción de deformación al retirarlo.
- Elasticidad: es la habilidad de un material para recuperar sus dimensiones originales al retirar el esfuerzo aplicado.
- Ductilidad: es la habilidad de un material para deformarse antes de fracturarse. Es una característica muy importante en el diseño estructural, puesto que un material dúctil es usualmente muy resistente a cargas de impacto. Tiene además la ventaja de “avisar” cuando va a ocurrir la fractura, al hacerse visible su gran deformación.
- Fragilidad: es lo opuesto a la ductilidad. Cuando un material es frágil no tiene resistencia a cargas de impacto y se fractura aun en carga estática sin previo aviso.
- Límite de proporcionalidad: es el punto de la curva en la gráfica de esfuerzo-deformación, hasta donde la deformación unitaria es proporcional al esfuerzo aplicado.

4.4.5. Desempeño Técnico como criterio de Sostenibilidad

- Punto de Cedencia (Límite de Elasticidad): es el punto en donde la deformación del material se produce sin incremento sensible en el esfuerzo.
- Resistencia última: es el esfuerzo máximo basado en la sección transversal original, que puede resistir un material.
- Resistencia a la ruptura: es el esfuerzo basado en la sección original, que produce la fractura del material. Su importancia en el diseño estructural es relativa ya que al pasar el esfuerzo último se produce un fenómeno de inestabilidad.

Hay una interacción entre las propiedades de los materiales, la energía y el ambiente. A esto se le denomina Sinergia de los Materiales y debe reconocerse permanentemente para abordar la sostenibilidad. A manera de síntesis, se presenta la Tabla 8.

Tabla 8. Propiedades de los materiales de construcción

Físicas	Químicas	Mecánicas	Térmicas	Eléctricas	Acústicas	Ópticas
Dimensiones	Composición química	Tensión	Conductividad	Conductividad	Transmisión del sonido	Transmisión de la luz
Forma	Acidez o alcalinidad	Compresión Cortante	Expansión térmica	Aislamiento eléctrico	Reflexión del sonido	Reflexión de la luz
Peso específico	Reactividad química	Flexión Impacto	Contracción térmica		Aislamiento del sonido	Filtrado de la luz
Porosidad	Facilidad de corrosión	Rigidez Elasticidad	Aislamiento térmico			
Contenido de humedad		Plasticidad Ductilidad				
Textura		Dureza				

4.4.6. Comportamiento térmico, acústico y lumínico



La composición y la estructura física de un material, le confiere a este ciertas propiedades que definen su comportamiento frente a los diferentes fenómenos ambientales, naturales y de origen antrópico, presentes en el entorno construido de un espacio. Como unidad de composición de los cerramientos de la edificación, las propiedades térmicas, acústicas y lumínicas de los materiales, tienen a su vez una gran influencia en el comportamiento del ambiente interior, pues es a través de la envolvente que se presentan los intercambios de materia y energía entre el exterior y el interior de los edificios. Fenómenos como el calor, la radiación, la luz y el ruido penetran a la edificación, y a su vez, es a través de esta que se presentan muchas de las oportunidades para mitigar o favorecer estos, según sea el caso.

Considerando el comportamiento térmico, según la segunda ley de la termodinámica, el intercambio o transferencia de calor siempre se da desde el cuerpo con mayor temperatura hacia el de menor temperatura, hasta alcanzar el equilibrio térmico, principio que aplica igualmente entre el interior y el exterior de un espacio. La velocidad con la que este intercambio se presenta, se mide por la resistencia que los materiales y sistemas de cerramientos presenten frente al paso del calor. Cuando esta es poca, se dice que el material es un buen conductor térmico y cuando es alta, se dice que es un material aislante. Algunas de las propiedades que definen a cuál de las dos características pertenece un material y en qué medida, son la resistencia térmica, la capacidad térmica, la transmitancia térmica, el factor solar, la inercia térmica y el atraso térmico.

Adicionalmente, los elementos que componen la envolvente, pueden ser clasificados en dos grupos básicos, aquellos que permiten el paso del componente lumínico y térmico de la radiación solar, es decir transparentes y aquellos que no, los opacos. Los del primer grupo, representan un reto mayor en el control de las ganancias de calor.

Estas ganancias de calor pueden darse de tres modos, por radiación, por conducción y por convección, o por la acción conjunta de los tres mecanismos. Frente a la conducción y la convección, los materiales opacos y traslúcidos tienen comportamientos similares, sin embargo, es la radiación la que requiere de un cuidado especial, debido a la fracción directa, inexistente en los materiales opacos, que podría ingresar

al espacio por medio de cerramientos transparentes, cuando estos tienen orientaciones inapropiadas o están desprotegidos de la radiación directa del sol (Lamberts et al., 2004). Considerando esto, la relación Ventana-Pared de una envolvente, tiene igualmente una gran influencia en el comportamiento del ambiente térmico interior.

En climas cálidos, una elección inapropiada de materiales o un exceso de elementos transparentes desprotegidos de la radiación solar, resultaría en un sobrecalentamiento del ambiente interior, que redundaría en el malestar térmico de sus usuarios. Con el fin de dar solución a esta condición del ambiente interior, se haría necesario la implementación de sistemas artificiales de acondicionamiento, con altas cargas de refrigeración, que generarían un incremento en los consumos energéticos de la edificación.

De la misma forma, en climas fríos, estas mismas características de una envolvente, resultarían en la rápida pérdida del calor interno ganado, generando un ambiente térmico insatisfactorio para los usuarios, debiéndose hacer una gran inversión energética en reponer estas pérdidas de calor artificialmente.

Es por esto que, a pesar de muchas veces solo ser considerada una decisión estética, una apropiada elección de los materiales, así como de la proporción adecuada del uso de elementos opacos y traslúcidos, es un mecanismo eficaz para propender por un ambiente térmico satisfactorio, y en aquellos espacios donde el aire acondicionado es indispensable u obligatorio, permite hacer una gran reducción en las cargas de refrigeración en los sistemas de acondicionamiento, que resultarán en un ahorro energético y por lo tanto económico durante su operación.

Con relación al comportamiento acústico de la envolvente, se observa una situación similar, con una ligera variación. Cuando se habla de intercambio de calor, se habla de un flujo unidireccional, pero cuando se hace referencia al ruido, debe considerarse que esta relación puede ser multidireccional. El espacio interior debe ser resguardado de las fuentes de ruido exteriores, pero a su vez, el espacio interior puede convertirse en una fuente de ruido para otros ambientes aledaños y para sí mismo.

Como fue anotado el ítem de Confort Acústico (ver 4.1.3), desde esta disciplina la principal preocupación de la envolvente se concentra en dos acciones, aislar y acondicionar. Por medio del aislamiento se busca evitar que el ruido ingrese o salga del espacio, con el fin de garantizar un ambiente sonoro apropiado, según el tipo de actividad que se desarrolla dentro de este, o evitando que el ruido producto de esta actividad se convierta en un factor de malestar para los usuarios de espacios aledaños.

Cuando las fuentes de ruido no son identificadas y mitigadas desde la concepción del proyecto, es común que en la etapa de operación, buscando disminuir esa condición de incomodidad, los usuarios cierren los dispositivos de fachada, impidiendo el paso de otros factores como la ventilación. Esta acción resulta en el aumento de la temperatura interior y, eventualmente en un ambiente térmico insatisfactorio, que usualmente implica el uso de acondicionamiento artificial.

Acondicionar por otro lado, es una acción que propende por generar un ambiente sonoro interior adecuado para favorecer la escucha de los sonidos que tienen significado y los procesos comunicativos. Una definición inadecuada de la materialidad del espacio que resulte en un ambiente sonoro inapropiado, puede propiciar a su vez grandes afectaciones en el bienestar y la salud de los usuarios, los cuales pueden presentar altos niveles de estrés y pérdida de la concentración, que impide el desarrollo normal de las actividades, o en afecciones vocales debido a esfuerzos excesivos en los procesos comunicativos.

Finalmente, considerando las propiedades de los materiales desde la perspectiva del ambiente lumínico, deben considerarse dos factores, la capacidad que tiene un material para permitir el paso de la luz, y su capacidad para reflejarla. En el primer caso, los materiales pueden clasificarse en 3 grupos, los materiales transparentes, los traslúcidos y los opacos. Las dos primeras categorías permiten el paso de la luz, mientras que la tercera no. Aquí entra de nuevo a colación la relación ventana-pared, o la relación entre materiales que dejan pasar la luz y los que no. Desde la perspectiva de la iluminación natural, esta relación es de gran importancia, pues definirá la disponibilidad de luz que habrá en el espacio.

4.4.6. Comportamiento térmico, acústico y lumínico



La segunda condición, la reflectancia del material, está presente en las 3 categorías, pero adquiere especial importancia en los elementos opacos, como receptores de la luz incidente y redistribuidores de esta. Esta condición está más relacionada con el acabado de las superficies y el color de los materiales, que con su estructura física en sí. Los colores claros reflejan mejor la luz al interior del espacio desde el exterior, y una apropiada distribución de las tonalidades de estos puede potencializar su buena distribución al interior, mientras que colores oscuros absorben más radiación en ambos componentes, térmico y lumínico, no sólo disminuyendo los niveles de iluminación, sino a su vez ganando más calor.

Son múltiples las variables que deben considerarse a la hora de definir la materialidad, y es importante propender por alcanzar un equilibrio entre estas, partiendo del conocimiento de las necesidades espaciales y las prioridades definidas con base en ellas.

Justificación

Una selección de materiales que considera las propiedades físicas de estos, permite, en conjunto con las demás estrategias, la definición de ambientes térmicos, lumínicos y acústicos satisfactorios para los usuarios, y evita que deba hacerse uso de sistemas de acondicionamiento artificial. Estos sistemas son usados para remediar situaciones de malestar, originadas por acciones remediales que generan una disminución de la eficiencia de otras estrategias de acondicionamiento pasivo. Dentro de estas acciones pueden mencionarse algunas como cierre de puertas y ventanas, o de persianas y cortinas, aplicadas debido a relaciones inadecuadas entre los fenómenos naturales como la radiación solar directa y antrópicos como el ruido exterior y las actividades interiores, mediadas por los cerramientos de las edificaciones.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Aumentar la eficiencia energética de los ambientes en la fase de operación.
- Generar condiciones de bienestar higrotérmico en ambientes interiores y exteriores, según las actividades y tiempos de permanencia.
- Garantizar condiciones visuales apropiadas en espacios interiores y exteriores, de acuerdo con la tarea visual a realizar.
- Mitigar el impacto de la contaminación auditiva exterior en los ambientes interiores, para garantizar condiciones de bienestar auditivo en estos, de acuerdo con el uso del espacio y el tiempo de permanencia.
- Evitar la propagación al exterior de ruidos generados en ambientes interiores.
- Garantizar dentro del espacio condiciones propicias para la apropiada emisión y recepción de los sonidos, según la actividad predominante del espacio.
- Promover la comodidad física y mental de los usuarios en ambientes interiores y exteriores.

Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación

Propiedades térmicas y Lumínicas: Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, materiales y /o eficiencia energética.
Propiedades Acústicas: Arquitecto o ingeniero con postgrado en temas relacionados con el diseño bioclimático, confort ambiental, acústica urbana, diseño acústico y control de ruido

Etapa de construcción - Fase de obra

Arquitecto, Director o Residente de Obra e Interventor del Proyecto.

Fase de operación

La responsabilidad de la contratación de personal capacitado para mantenimiento dependerá de la tipología de la edificación, pudiendo estar a cargo del propietario, el departamento de mantenimiento o la administración de la propiedad, entre otros.



Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

Definición de las Características Térmicas:

- Con base en la temperatura media exterior, la radiación solar incidente media y la temperatura interior que se desea alcanzar, se obtiene la diferencia de temperatura que debe salvarse por medio de la envolvente.
- Seleccionar los posibles materiales o combinación de estos que de acuerdo a sus propiedades térmicas podrían cumplir esta función.
- Se recomienda consultar las fichas no. 27 y 28, así como los detalles técnicos 23, 25 y 28 de la guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, cuyas orientaciones pueden resultar de gran utilidad para todo tipo de edificaciones.

4.4.6. Comportamiento térmico, acústico y lumínico

Definición de la Características acústicas:

Con relación al aislamiento acústico:

- Con base a la información obtenida durante la definición e identificación de las fuentes de ruido realizada en la etapa de caracterización del lugar (Ver Numeral 1.2.3.7, de la Guía n°1), definir el nivel de presión sonora equivalente exterior a los espacios de la edificación.
- Definir según las normas técnicas que rigen el diseño de dicho espacio (cuando las haya) y lo definido por la Resolución 0627 de 2006 (Ministerio de Ambiente, 2006), en su artículo 17, tabla 2, el nivel máximo permisible de ruido ambiental, diurno y nocturno, expresados en decibeles dB(A), según las actividades realizadas dentro de la edificación y los tiempos de permanencia.
- Calcular la diferencia entre estos dos valores, con el fin de definir el aislamiento requerido para asegurar un nivel de presión sonora apropiado dentro del espacio.

Nota:

(1) es importante resaltar que la suma o resta de decibeles no es una operación aritmética, sino logarítmica, que tiene estrictos procedimientos definidos para su cálculo, y que requieren que sean desarrollados por un especialista en el tema o bajo su orientación.

(2) Este proceso puede darse a la inversa, si el espacio proyectado es la futura fuente de ruido. En este caso deben considerarse los estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A) definidos por la Resolución 0627 de 2006, en su artículo 9, Tabla 1, y el nivel de presión sonora equivalente del ruido que se calcula vaya a ser emitido por la actividad del espacio. Esta consideración es especialmente importante en usos como los industriales y los comerciales.

- Seleccionar los posibles materiales o combinación de estos, que de acuerdo a sus propiedades acústicas podrían cumplir esta función. Dichas propiedades acústicas deben ser tomadas de las fichas técnicas del material que entrega el proveedor o fabricante. Es importante considerar los materiales preseleccionados en el punto anterior por sus propiedades térmicas, pero debe considerarse que un buen aislante térmico no necesariamente es un buen aislante acústico. Ambas condiciones deberán ponderarse ya que la materialidad deberá responder a ambas situaciones conjuntamente. Se recomienda revisar los índices OITC y STC de los cerramientos a implementar.

Con relación al acondicionamiento acústico del espacio:

- El parámetro que usualmente mide la calidad acústica de los espacios interiores es el tiempo de reverberación, y está en función de los materiales, el volumen y la cantidad de personas en el espacio. Debe garantizarse una composición de superficies reflectoras y absorbentes

en una proporción que sea previamente calculada, para propiciar un tiempo de reverberación adecuado para la actividad sonora a realizar dentro del recinto, así como para garantizar una inteligibilidad apropiada que permita la consecución exitosa de los procesos comunicativos. La Tabla 9 presenta los tiempos de reverberación medios (RTmid) para algunos tipos de espacios.

Tabla 9. Márgenes de valores recomendados de RTmid en función del tipo de sala (recintos ocupados) (Adaptado de [Antoni Carrión Isbert, 1998]).

Tipo de Sala	RTmid, Sala Ocupada (s)
Sala de Conferencias	0.7 - 1.0
Cine	1.0 - 1.2
Sala Polivalente	1.2 - 1.5
Teatro de Ópera	1.2 - 1.6
Sala de Conciertos (Música de Cámara)	1.3 - 1.7
Sala de Conciertos (Música Sinfónica)	1.8 - 2.0
Iglesia/Catedral (Órgano y Canto Coral)	1.0 - 3.0
Locutorio de Radio	0.2 - 0.4

Características lumínicas:

- Se aconseja el uso de colores claros en las superficies externas de los cerramientos donde se dispongan vanos destinados al ingreso de luz al espacio como ventanas y claraboyas, entre otros.
- Así mismo, al interior del espacio se aconseja distribuir los tonos de colores, del más claro al más oscuro de acuerdo con la Figura 28.

4.4.6. Comportamiento térmico, acústico y lumínico

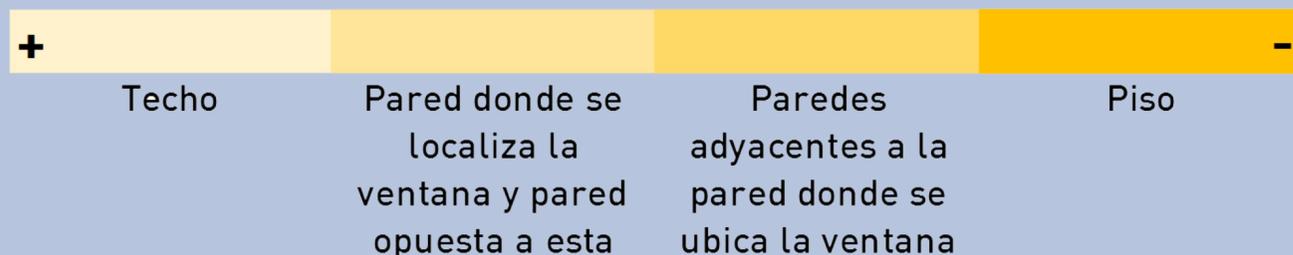


Figura 28. Orden de distribución de los colores en los espacios interiores, de acuerdo a la posición de la fuente de luz natural.

Finalmente, definir cuál de los materiales preseleccionados se acopla mejor a las necesidades del proyecto, desde los tres fenómenos considerados, pasando a hacer las especificaciones técnicas pertinentes en parámetros como el espesor del elemento, su composición y orientación con relación al interior y el exterior, particularmente importante en materiales compuestos por varias capas, el acabado y color de las superficies interiores y exteriores.

Se recomienda consultar la ficha no. 19 de la guía de Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana, del Ministerio de ambiente y desarrollos sostenible, cuyas orientaciones pueden resultar de gran utilidad para todo tipo de edificaciones.

El procedimiento antes descrito, no necesariamente debe realizarse en ese orden, puede iniciarse el proceso de definición de las características físicas de los materiales desde cualquiera de los 3 aspectos, considerando siempre que la selección final debe responder a los tres componentes simultáneamente y de la manera más apropiada, según las necesidades del espacio.

Para mayor información sobre la definición de una adecuada relación ventana pared, consulte el numeral 2, Energía Pasiva, de la Guía para el Ahorro de agua y energía en edificaciones, Decreto 1285 de 2015, y el numeral 4.2.2 del presente documento.

Diseño - Planeación

Etapa de construcción -
Fase de obra

- Asegurarse que los elementos entregados por los proveedores, posean las características técnicas y físicas definidas en la etapa de diseño.
- Asegurarse que los materiales sean instalados o ensamblados de acuerdo a las especificaciones técnicas del proveedor.
- En los casos donde se usan materiales tipo sándwich, asegurarse que sea instalado con la orientación correcta, en relación al orden de sus capas, considerando cuales van en contacto con el interior y cuales con el exterior, para que estas no queden invertidas.

Fase de operación

- Limpieza y mantenimiento según el tipo de material y las especificaciones definidas por el proveedor.

4.4.7. Otros criterios acerca de la materialidad sostenible



Justificación

Otros criterios importantes que deberán ser considerados a la hora de seleccionar los materiales de construcción son:

- **Su procedencia:** Se refiere a utilizar los materiales que provienen de la zona o región en donde se desarrolla el proyecto constructivo, siempre y cuando éstos incorporen los criterios de sostenibilidad durante su vida útil. La disponibilidad y el aprovechamiento de estos materiales en la región de interés, no solo genera un ahorro y una disminución de los impactos ambientales asociados con su traslado y transporte, sino que también da cuenta de la capacidad de carga que tiene la región. Sin embargo, según lo planteado en el documento de Línea Base de la PPCS VA (AMVA & UPB, 2015), en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá existe un déficit de los recursos naturales disponibles con una capacidad de carga local muy reducida. Esto quiere decir que los materiales que se producen en el Valle de Aburrá no son suficientes para abastecer la demanda requerida por los procesos constructivos que se vienen desarrollando en la actualidad. Se genera entonces, una alta dependencia ecológica hacia otros territorios importando recursos que permitan suplir la demanda interna de la población metropolitana.
- **Su toxicidad:** Muchos de los materiales de construcción, incluyendo algunas pinturas, barnices y materiales sintéticos, presentan elementos químicos que generan emisiones de gases tóxicos y residuos peligrosos con alto impacto ambiental. Las complejas estructuras moleculares de estas sustancias, no solo afectan la salud pública con múltiples enfermedades, sino que también resultan de difícil descomposición natural ya que los ecosistemas no están en capacidad de procesarlas fácilmente.
- **Su posible reúso y/o reciclaje:** La mayoría de los materiales utilizados en la construcción presentan características físico-químicas que los hacen aptos para ser reutilizados y/o reciclados. Cada material generalmente contiene una ficha técnica con especificaciones de los elementos que lo componen, éstas características son necesarias para definir la destinación que se le dará al material una vez termine la vida útil de la edificación (para mayor profundidad ver los numerales 4.4.8.8, 4.4.8.9, 4.4.9.1 y 4.4.10).
- **Su durabilidad:** Este término se refiere a la capacidad que tiene un material de desenvolver el papel para el cual fue diseñado durante un periodo específico bajo la influencia de determinados agentes (ISO 15686, 2000). Para entender mejor este concepto, es posible elaborar un material de construcción por diferentes métodos y con diferentes elementos para llegar a un mismo producto, sin embargo aunque las réplicas del material elaborado cumplan con los requerimientos de calidad exigidos por las normas técnicas colombianas, no siempre presentarán la misma durabilidad, pues los elementos que los componen pueden presentar mayor o menor susceptibilidad a los procesos erosivos causados por la acción del viento, del agua, del sol y de otros agentes, externos e internos, a los que se ven expuestos y que pueden alterar su composición inicial. Por lo tanto, la importancia de evaluar este parámetro a la hora

de definir los materiales que serán utilizados en el proyecto constructivo, radica en el número de veces que éstos deberán ser reemplazados durante la vida útil de la edificación, generando un aumento no solo de los costos de inspección y mantenimientos de los edificios sino también del impacto socio-ambiental que implica su producción.

Profesional (es) requerido (s)

Arquitecto, Constructor, Ingeniero y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Reducir el uso de materiales que presenten componentes tóxicos.
- Promover el consumo de los materiales que se producen al interior de la región.
- Incentivar la producción de materiales al interior del Área metropolitana del Valle de Aburrá, incorporando elementos que puedan ser reciclados y/o reusados.

Descripción del lineamiento

Si bien algunos materiales para la construcción no son producidos a nivel nacional o local, se recomienda al arquitecto consultar cuáles son los materiales y elementos fabricados a nivel local, y que cumplan tanto con estándares de durabilidad, calidad y resistencia, como con estándares ambientales. Este debe ser un criterio de diseño arquitectónico.

Posteriormente, se deberán escoger aquellos materiales del mercado, que no solo incorporen criterios de sostenibilidad en su proceso de elaboración, sino que además demuestren un bajo (o nulo) nivel de toxicidad y que tengan potencial de reciclaje o reúso al finalizar la fase operativa del proyecto. En lo posible, la vida útil del material debería ser superior a la vida útil del proyecto. En este caso, el material podrá ser reutilizado por lo que resta de su vida útil, terminando en un proceso de reciclaje siempre que sea posible.

4.4.7. Otros criterios acerca de la materialidad sostenible

Es posible consultar los siguientes documentos públicos, ya que sus contenidos permiten profundizar en la selección de los materiales de construcción:

- Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana. Ficha número 18 “uso de materiales regionales”; Ficha número 21 “reutilización y reciclaje de materiales”. Documento elaborado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Año 2012 o en su versión más reciente.
- Mapa de riesgo químico y por transporte de sustancias peligrosas en el Valle de Aburrá. Documento elaborado por la autoridad ambiental local, AMVA. Año 2005 o en su versión más reciente.

La Tabla 10 presenta algunos materiales contaminantes que se pueden encontrar en las edificaciones, mostrando sus problemáticas y posibles soluciones.

Tabla 10. Materiales contaminantes que se pueden encontrar en las edificaciones, mostrando sus problemáticas y posibles soluciones.
Fuente: (Garcen & Ardohain, 2000)

Materiales	Posibles Problemas
Aglomerado de madera	Emanaciones de formaldehído de las resinas ureicas y fenólicas
Aislación de espuma plástica (poliuretano o PVC)	Emanaciones de componentes orgánicos volátiles. Humo muy tóxico al inflamarse.
Aislación de fibra de vidrio	El polvo de lana de vidrio es un carcinógeno, la resina plástica ligante tiene fenolformaldehído
Alfombras sintéticas	Acumulan polvo, hongos y emanaciones de componentes volátiles. Los adhesivos aplicados emiten gases nocivos. Se cargan fácilmente de estática.
Redes de cobre para agua (que requieren soldadura de plomo)	La soldadura de plomo (ya prohibida en muchos países) desprende partículas de este metal.
Redes hidrosanitarias de PVC	Los solventes de los plásticos y adhesivos e hidrocarburos clorados se disuelven en el agua.
Pinturas sintéticas de interior	Emanan componentes orgánicos volátiles y gases de mercurio.
Pisos vinílicos o plastificados	Producen emanaciones tóxicas del material y de los adhesivos.
Sistemas de acondicionamiento de aire	Los filtros mal mantenidos desarrollan hongos, las parrillas de condensación albergan gérmenes aeropatógenos, el sistema distribuye contaminantes.

4.4.8. El Concreto

El código sismoresistente NSR 10 define el concreto como una mezcla de cemento portland o cualquier otro cemento hidráulico, agregado fino, agregado grueso y agua, con o sin aditivos. Es decir que se trata de un material compuesto, que puede diseñarse óptimamente para conseguir las propiedades exigidas por una amplia gama de aplicaciones, todo a un bajo costo durante su ciclo de vida. Si no se diseña o se produce apropiadamente, o si es expuesto a condiciones de servicio desconocidas o no previstas, pueden resultar fallas prematuras. Los usos exitosos dependen de entender la naturaleza del concreto.

Entre todos los materiales de construcción, el concreto debe recibir una atención especial toda vez que, como se mostró en el numeral 4.4.2 y en el documento de Línea Base (AMVA & UPB, 2015) los sistemas estructurales con los cuales se desarrolla el 98% de la actividad edificatoria en el país están basados en concreto. Teniendo en cuenta que el modelo de ciudad propuesto por las Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial (AMVA, 2006) es de una ciudad compacta, la construcción en altura seguirá siendo una tendencia a nivel regional, lo cual continuará demandando estructuras basadas en concreto.

Esta no es una situación exclusiva de Colombia, con una intensidad de uso cercano a 1 ton/hab, el concreto, u hormigón, constituye actualmente el material más empleado por la humanidad (B. Middendorf, 2007, Universitaet Dortmund, Dortmund, Germany) y dicha condición se mantendrá indudablemente en el futuro debido a su alta competitividad en términos de versatilidad y costo. De hecho, las iniciativas más importantes respecto a la sostenibilidad de la materialidad constructiva a nivel mundial están encaminadas a la reducción de los impactos ambientales y el mejoramiento del desempeño técnico del concreto.

4.4.8.1. Evolución de la tecnología del concreto



Hasta hace algunas décadas existía un consenso internacional que consideraba la resistencia como el factor determinante para la calificación del concreto. Se suponía que todas las otras propiedades estaban relacionadas con ella. Actualmente, la investigación y el desarrollo en torno al concreto siguen incrementando incesantemente la resistencia, pero también se formulan en forma creciente otros criterios de desempeño, que no necesariamente se derivan de la resistencia y que se pueden obtener ciertas propiedades predefinidas adaptando la composición de la mezcla.

La búsqueda de composiciones alternativas de concreto está justificada por razones técnicas, económicas y ambientales:

- En primer lugar, los concretos livianos y de alta resistencia permiten una reducción del peso de la estructura y al mismo tiempo mejoran su durabilidad, además de disminuir los tiempos de construcción, todo lo cual tiene efectos económicos positivos.
- En segundo lugar, la identificación de una extensa serie de proble-

máticas potenciales, que puede presentar el concreto convencional y que se conocen como patologías estructurales, ha motivado el desarrollo de alternativas que permitan mejorar su estabilidad fisicoquímica y con ello la durabilidad de la estructura.

- Los impactos ambientales derivados de la producción de concreto convencional son considerables. Las emisiones de gases de efecto invernadero por parte del cemento Portland (1 ton CO₂ eq/ton cemento) han motivado a la industria cementera a realizar esfuerzos para aumentar la eficiencia de sus procesos, pero al mismo tiempo se están desarrollando nuevas tecnologías en torno al desarrollo de aditivos y adiciones activas o inertes, que son añadidas en fábrica o al momento de confeccionar el concreto y que contribuyen significativamente a incrementar el desempeño, reduciendo así el porcentaje de cemento portland en el proceso constructivo. Así mismo, se han venido desarrollando alternativas a los agregados convencionales, basadas en el aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición, como se verá más adelante, disminuyendo de esta forma la explotación de materias primas vírgenes, con su consecuente impacto sobre los paisajes locales.

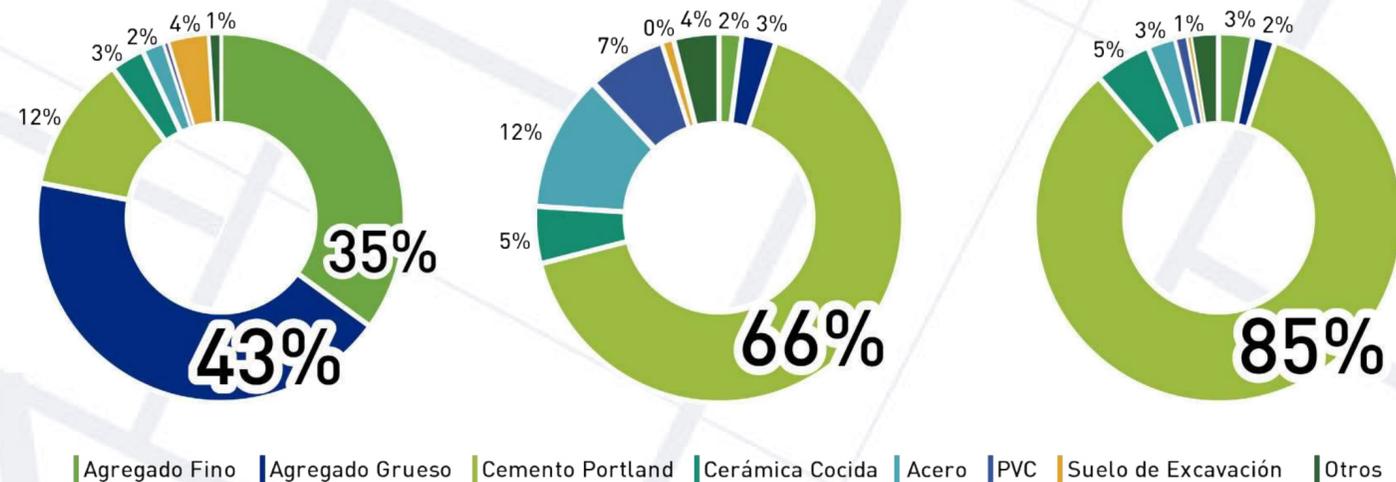


Figura 29. Diferentes aspectos del perfil ambiental de los materiales de construcción tomando como referencia el sistema constructivo industrializado. Fuente: UPME, PNUD, Ecoingeniería (2012)

4.4.8.1. Evolución de la tecnología del concreto

- Tomando como referencia el sistema constructivo industrializado, pueden analizarse algunos aspectos del perfil ambiental del concreto. En términos de intensidad material, los agregados constituyen el 77% de este sistema constructivo (ver Figura 29) el cemento portland constituye el 12% y el acero de refuerzo constituye únicamente el 2%. Sin embargo, si se analiza la energía incorporada y las emisiones de GEI, las proporciones cambian completamente. El cemento pasa a representar el 66% de la energía y el 85% de las emisiones. Este es uno de los principales focos de interés para la tecnología del concreto: el mejoramiento de su perfil ambiental, tanto en términos de intensidad material, como en términos de energía incorporada y emisiones de GEI.

Bajo estas premisas, la tecnología del concreto ha venido evolucionando en el desarrollo de:

- Cementos de alto desempeño, principalmente mediante la reducción en el tamaño de la partícula.
- Adiciones que permiten la sustitución parcial del cemento portland.
- Cementantes alternativos al cemento portland que permiten su sustitución parcial (adiciones) o total.
- Productos aditivos que mejoran diferentes condiciones del concreto.
- Nuevas fuentes y nuevos tipos de agregados con mayor adherencia, menor peso, menor impacto ambiental.
- Como se verá más adelante, todos estos desarrollos incluyen alternativas derivadas de la valorización de residuos, tanto industriales, como RCDs.
- Así mismo, las investigaciones han llevado al redescubrimiento de reacciones químicas completamente diferentes a las promovidas por los cementantes convencionales, dando lugar a "nuevos" tipos de concreto, conocidos como geopolímeros.

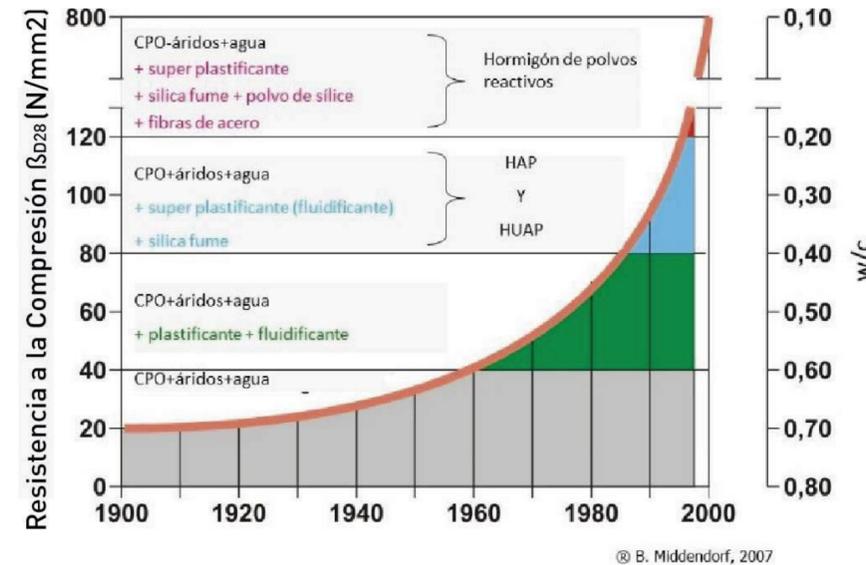


Figura 30. Evolución de la tecnología del concreto en términos del incremento de su resistencia (N/mm²) como función de la relación agua cemento (w/c). Fuente: Middendorf, Universitaet Dortmund, Dortmund, Germany (2007)



	Acero	Hormigón Armado	Hormigón Pretensado	Hormigón de Ultra Alto Desempeño
Peso (kg)	117	530	467	140

Figura 31. Comparación del peso para una misma capacidad portante de diferentes tecnologías de concreto. Fuente: Martirena, J.F. (2006).

4.4.8.2. Características de desempeño del concreto

Todo material compuesto posee como mínimo una matriz agregado y una matriz cementante. Estas dos matrices deben proveer la mayoría de las propiedades exigidas al nuevo material. Dicha solución debe ser reproducible si se trata de conseguir un material de uso general y masivo. Es necesario que el producto satisfaga los requerimientos de calidad y durabilidad mínimos establecidos. Las propiedades fundamentales buscadas son:

- Alta compacidad
- Buenas propiedades reológicas
- Propiedades mecánicas
- Propiedades físicas: peso, baja transferencia del calor y del sonido, estabilidad volumétrica, textura, etc.
- Durabilidad según condiciones de servicio
- Competitividad en costos

En el campo de los materiales conglomerados de origen inorgánico que tienen como base a los materiales cerámicos, el principio de diseño es similar y aplica, independiente del tipo de mineral que se vaya a utilizar. Se incluyen aquí a los conglomerantes, los agregados, los elementos para mampostería, los productos para acabados y aquellos que resultan de la interacción entre ellos.

En la práctica constructiva habitual, pocas veces se consideran las condiciones ambientales y las características de los materiales disponibles, para recomendar su empleo y estar seguros de garantizar la durabilidad de la obra. Debería de realizarse para toda obra, en su fase de diseño y conceptualización, un estudio de impacto patológico que permitiera seleccionar los materiales y el proceso constructivo, tal que se garantizara la obra integralmente por un tiempo definido de vida en servicio sin alteraciones. Por ello, antes de iniciar la obra, hay que evaluar:

4.4.8.2. Características de desempeño del concreto

- Clima y medio ambiente
- Calidad de los materiales: agregados, cemento, aditivos, adiciones, calidad de las aguas de mezcla y curado
- Sistema de dosificación, mezclado, transporte, colocación y curado del hormigón.
- Estipular rango de condiciones (máximas y mínimas) durante la fase de servicio.

Los objetivos a considerar son los siguientes:

1. Resistencia mecánica: a corto o largo plazo, a compresión, tracción o flexión. Esta propiedad depende de los siguientes factores:

- Relación agua - cemento o agua - cementante (a/c o a/ct)
- Grado de hidratación mínimo a alcanzar – curado básico según clima
- Características del cemento
- Características de los agregados
- Sistema de colocación y compactación del concreto
- Temperatura y humedad ambiente. Rangos de variación máximo y mínimo

2. Trabajabilidad: consistencia, tiempo de trabajabilidad. Depende de los siguientes factores:

- Dimensiones y forma de los agregados gruesos y finos
- Cantidad de agua
- Uso de aditivos y adiciones
- Temperatura ambiente – humedad relativa

3. Durabilidad: hace referencia a la resistencia química, a la abrasión, a la expansión, a la humedad, etc. Depende de los siguientes factores

- Permeabilidad (a/c, vibración, curado)
- Tipo de cemento
- Presencia de aditivos y/o adiciones
- Aditivos superfluidificantes + fillers activos o inertes disminuyen la permeabilidad (efectos físicos y químicos)

Como se presenta a continuación, estas características dependen de muchas variables, una de ellas es la clase o tipo de concreto.

Los concretos se pueden clasificar de la siguiente forma:

1. Según el tipo de cemento

- Base cemento portland
- Base sílico-calcareo (calizas y sílice)
- Base yeso
- Aglomerantes mixtos
 - Cemento y caliza
 - Caliza y escoria
- Aglomerantes especiales (inorgánicos y orgánicos)

2. Según el tipo de agregado

- Con base en agregados densos. Densidad → 3,0 gr/cc
- Con base en agregados normales. Densidad entre 2,4 y 2,8 gr/cc
- Con base en agregados ligeros. Densidad ← 2,0 gr/cc

4.4.8.3. Patologías del concreto

Cuando no se tienen en cuenta las consideraciones previamente mencionadas, se corre el riesgo de que el material desarrolle patologías, es decir fallas o defectos. En las estructuras de hormigón armado los efectos causados por ambientes agresivos, la inadecuada selección de los materiales, los curados defectuosos, etc., pueden generar fallas o defectos que pueden poner en riesgo la seguridad de la edificación y que se desencadenan por acción del clima, reacciones químicas, abrasión o a cualquier otro proceso de deterioro.

Frente a los mismos agentes agresivos las estructuras más desarrolladas exigen más cuidado en el proyecto y la selección de los materiales, mayor vigilancia en la ejecución, la protección y el mantenimiento de la obra.

Jean Blevot desarrolló un estudio bastante detallado y completo de las principales causas de siniestros en estructuras de hormigón armado a partir del análisis de los documentos de 2.979 siniestros existentes en los archivos del Bereau Securitas y Socotex (1948 a 1974). En la Tabla 11, se presenta un resumen de este estudio, que aún tiene vigencia en muchos de nuestros países como modelo de análisis.

Tabla 11. Principales causas de patologías en el concreto.
Fuente: Salazar, A. (2012).

CAUSAS DE LA PATOLOGÍA	%	%
▪ Errores de concepción general (De éstos los que conciernen a la concepción de la estructura o interesan a la estabilidad, son 0,7%)		3,5
▪ Errores en las hipótesis de cálculo, errores materiales y ausencia de estudios.		8,5
▪ Disposiciones, a priori, defectuosas en ciertos elementos o en la transmisión de esfuerzos. (fundamentalmente en la disposición de armaduras)		2,5
▪ Desórdenes resultantes de deformaciones excesivas.		19,7
▪ Desórdenes resultantes de los efectos de variaciones dimensionales:		43,7
- Terrazas, balcones, cornisas y en general elementos exteriores de un edificio	26,5%	
- Elementos de hormigón armado insuficientemente aislados bajo buhardillas	5,0%	
- Unión de pisos y elementos estructurales	10,0%	
- Los que afectan a bovedillas cerámicas o de hormigón	2,2%	
▪ Defectos de ejecución		16,5
- Encofrado	2,0 %	
- Hormigonado	4,0 %	
- Amado	7,0 %	
- Desencofrado	0,5 %	
- Causas múltiples (hormigón y aceros defectuosos)	1,5 %	
- Falsas maniobras	1,5 %	
▪ Fenómenos de tipo químico y de hielo,		4,0
- Descomposición del hormigón y corrosión de armaduras	1,5 %	
- Efectos del hielo	2,5 %	
▪ Causas diversas.		1,6

4.4.8.3. Patologías del concreto



Las principales patologías que puede presentar el concreto se listan a continuación:

Tabla 12. Acción de los agentes agresivos en disoluciones acuosas sobre los compuestos hidratados del cemento portland. Fuente: Salazar, A. (2012).

CEMENTO PORTLAND + AGUA	TOBERMORITA (Silicato de Calcio Hidratado)	Ácidos	Ataque - disolución en agua
		Dióxido de carbono	Formación de compuestos poco solubles en agua
	PORTLANDITA (Ca(OH) ₂)	Soluble en agua	Carbonatación
		Neutralización grupos OH(I) (disolución en agua)	Ácidos
			Aguas con CO ₂ Agresivo
		Sales amónicas	
	Formación de compuestos más estables que Ca(OH) ₂ . Por ejemplo: (Mg(OH) ₂ , Brucita)		
	ALUMINATOS DE CALCIO HIDRATADOS	Con iones SULFATO (formación de compuestos expansivos)	Yeso + Aluminato = Ettringita
			Sulfato + Ca(OH) ₂ + Aluminato = Ettringita
		Con iones CLORUROS (formación de compuestos expansivos)	CaCl ₂ + Aluminato = Sal de Friedel
Cloruros + Ca(OH) ₂ + Aluminato = Sal de Friedel			

Corrosión del acero de refuerzo

El medio alcalino que el concreto posee, no debería permitir la corrosión de los aceros de refuerzo, pero la corrosión ocurre en la práctica y ésta se puede producir debido a:

- La falta de homogeneidad en la calidad química de los aceros de refuerzo.
- Un hormigón heterogéneo.
- Participación de un medio agresivo externo

En general, la corrosión se explica como un fenómeno electroquímico y para que esto ocurra se requiere la acción simultánea de disoluciones de sales y de oxígeno. Si falta alguno de los dos, no puede ocurrir la corrosión. En un ambiente totalmente seco o bajo agua no puede presentarse el fenómeno por falta de uno de los dos componentes necesarios para ello.

Deformaciones en volumen

Los morteros y los concretos son materiales en constante evolución. La hidratación del cemento progresa con el tiempo de tal manera que entre las diversas causas de expansión, algunas se manifiestan con lentitud y muchas veces con retraso. Los morteros y concretos absorben o dejan evaporar el agua según el estado higrométrico de la atmósfera y se carbonatan con el tiempo, trayendo como consecuencia las deformaciones de volumen.

Estas pueden ser:

- Independientes de fuerzas externas,
 - Contracciones hidráulicas por pérdida de agua
 - Antes de fraguado por desecación o compactación
 - Después del fraguado
 - Contracciones térmicas
 - Contracción por carbonatación, oxidación u otros.
- Dependientes de fuerzas externas
 - Deformaciones instantáneas bajo carga
 - Deformaciones progresivas bajo carga o fluencia (fluencia o creep)

Para el concreto reforzado, el ancho tolerable de fisuras se define en la Tabla 13.

Tabla 13. Ancho de fisuras tolerables para el concreto reforzado. Fuente: Salazar, A (2012).

Condiciones de Exposición	Ancho Tolerable de Fisura (mm)
Aire seco o membrana protectora	0.40
Humedad, aire húmedo o suelo	0.30
Productos químicos deshielantes	0.18
Agua de mar y brisa de mar; humedad y secado	0.15
Agua retenida en la estructura *	0.10

* Excluyendo tuberías no presurizadas

Contracciones hidráulicas por secado

En general, la pérdida de agua del concreto por evaporación o absorción, agrava la contracción plástica y puede generar un agrietamiento superficial. Si se evita la evaporación inmediata después de la colocación del concreto, se puede eliminar o reducir casi totalmente el agrietamiento presentado por esta causa. Genéricamente a estas contracciones se les denomina contracciones por secado. Prácticamente se considera que se producen en las grandes masas de concreto. La deformación generada, medida como deformación unitaria lineal, es del orden de 40×10^{-6} después de 5 años.

En general es despreciable su efecto y solo preocupa en las obras con grandes masas de concreto, en donde se ve influenciada por la cantidad de cemento, la finura del mismo y la temperatura alta.

En la Tabla 14, se presenta un resumen de las causas y magnitudes de las contracciones hidráulicas antes y después de fraguado.

- Es la más significativa contracción del concreto y corresponde a la contracción de la pasta mientras ésta se encuentra en estado plástico.
- La magnitud es del orden del 1% del volumen total del cemento seco.
- Se le denomina contracción plástica, por presentarse mientras el concreto está en estado plástico.
- Se controla optimizando la cantidad de cemento y en alguna medida, evaluando la calidad de este.

El curado permanente hace que se presente una expansión de volumen y un incremento de peso, debido a la absorción de agua por el gel del cemento. Esta es de una magnitud de 400 a 450×10^{-6} a los 28 días de colocado el concreto. El concreto se expande con un aumento de humedad y se contrae con una pérdida de humedad. Un concreto que no esté continuamente mojado, perderá agua y con ello ocasionar una contracción. La humedad relativa del aire afecta el contenido de humedad del concreto. Siempre entre la contracción por secado y la expansión por humedad, quedará una contracción irreversible entre un 30 - 60% de la contracción por secado.

4.4.8.3. Patologías del concreto

Tabla 14. Causas y magnitudes de las contracciones hidráulicas.
Fuente: Powers, T.C. (1967).

Deformación	Efecto	Causas
CONTRACCIONES HIDRÁULICAS ANTES DE FRAGUADO	Rápida pérdida de agua antes del fin de fraguado	Por evaporación <ul style="list-style-type: none"> • Clima riguroso • Alta relación área/volumen
	Compactación deficiente del concreto	Por absorción <ul style="list-style-type: none"> • Agregados porosos • Superficies absorbentes
	En pasta pura la contracción es: a 2 días: 250 μ/m a 5 días: 600 μ/m a 7 días: 800 μ/m a 28 días: 1300 μ/m a 1 año: 1850 μ/m	Es más importante que la contracción después de fraguado <ul style="list-style-type: none"> • Cemento: finura, % de yeso óptimo, álcalis • Agua de mezcla: presencia de sustancias extrañas • Adiciones minerales: finura de la adición
CONTRACCIÓN HIDRÁULICA DESPUÉS DE FRAGUADO. Se debe a la pérdida o eliminación del agua en atmósfera seca. Se han planteado fórmulas para calcularla con base en los resultados de diversos ensayos. En algunos países se tiene en cuenta para calcular concreto según el clima donde éste trabaje. Su magnitud es del orden de 0.2 a 0.3 MEM.	En mortero la contracción es: a 2 días: 120 μ/m a 5 días: 300 μ/m a 7 días: 350 μ/m a 28 días: 650 μ/m a 1 año: 800 μ/m	<ul style="list-style-type: none"> • Cemento: finura y mayor riqueza • Adiciones: la incorporación de puzolanas las reduce • Curado: se incrementa cuando es más bajo el grado higrométrico • Aditivos: algunos la incrementan como el Cl_2ca en dosis $> 2.0\%$
	En el concreto la contracción es: a 2 días: 40 μ/m a 5 días: 100 μ/m a 7 días: 130 μ/m a 28 días: 270 μ/m a 1 año: 420 μ/m	<ul style="list-style-type: none"> • Agregados: depende de la naturaleza mineralógica y distribución de tamaño • Dimensiones de la Obra: sí la relación área/volumen se reduce también se reduce la posibilidad de la contracción • Densidad de refuerzos: la armadura se opone a la contracción

4.4.8.4. Criterios para la selección de cementantes



Justificación

Las condiciones de trabajo habituales en la fabricación del Hormigón o Concreto, generan una demanda excesiva de cemento, lo cual trae consecuencias negativas tanto en la economía de la producción como en las propiedades mecánicas y de durabilidad de los hormigones. El cemento hidráulico está definido por la norma ASTM C-219, como un cemento que fragua y endurece por interacción química con el agua y que es capaz de hacerlo bajo agua. El cemento Portland es el cemento hidráulico más usado.

Como se mostró anteriormente, el cemento portland constituye el principal factor de energía incorporada y emisiones de GEI en la materialidad constructiva. Adicionalmente este cemento no es un material químicamente estable y existen materiales cementantes con propiedades técnicas superiores que lo pueden sustituir parcial o completamente. Por lo tanto, existen numerosos criterios a considerar en la selección de materiales cementantes.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero civil, Arquitecto, director de obra y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



4.4.8.4. Criterios para la selección de cementantes

Descripción del lineamiento

1. Criterios técnicos para la selección de cementantes: El numeral C.3.2 del código de construcción sismo resistente NSR10, define los cementantes como aquellos que poseen propiedades cementantes por sí mismos al ser utilizados en el concreto, tales como el cemento portland, los cementos hidráulicos adicionados y los cementos expansivos, o dichos materiales combinados con cenizas volantes, otras puzolanas crudas o calcinadas, humo de sílice, y escoria granulada de alto horno o ambos. Los materiales cementantes deben cumplir con lo establecido por la norma NTC 321, también se permite el uso de cementos fabricados bajo la norma ASTM C150, de Cementos hidráulicos adicionados fabricados bajo la norma ASTM C595, Cemento hidráulico expansivo fabricado bajo la norma NTC 4578 (ASTM C845), Cemento hidráulico fabricado bajo la norma ASTM C1157, Ceniza volante, puzolana natural y materiales calcinados que cumple la norma NTC 3493 (ASTM C618), Escoria granulada molida de alto horno que cumple la norma NTC 4018 (ASTM C989), Humo de sílice que cumple la norma NTC 4637 (ASTM C1240), Cemento blanco que cumple con la norma NTC 1362.

2. Adiciones: Los problemas económicos y ecológicos, unidos al avance de la Ciencia de los Materiales en los últimos 50 años, han inducido el empleo de extensores de clinker de cemento Portland, hecho que ha posibilitado el surgimiento de un grupo genérico de cementos conocido como “cementos compuestos” o “cementos mezclados”, que son una mezcla del cemento Portland ordinario con uno o más materiales inorgánicos que participan en la hidratación. Esta clasificación excluye aditivos que influyen en el proceso de hidratación, pero en sí no contribuyen a la mejora del producto.

- Los materiales inorgánicos añadidos son denominados “adiciones minerales”. Estas adiciones pueden ser mezcladas y molidas íntimamente con el clinker en fábrica o mezcladas en obras a la hora de producir el concreto o mortero.
- De acuerdo con ASTM, las puzolanas son “*materiales silíceos o aluminosos que por sí mismos poseen poca o ninguna actividad hidráulica, pero que finamente divididos y en presencia de agua pueden reaccionar con Hidróxido de Calcio ($Ca(OH)_2$) a temperatura ambiente para formar compuestos con propiedades cementantes*” (ASTM 618-78).
- Son materiales naturales o artificiales de origen mineral, activo o inerte, incorporados al cemento en su fabricación o al concreto en su preparación. En este último, se considera como un quinto elemento.

Las más conocidas son:

- Las Cenizas Volantes
- La Micro Sílice
- Las Escorias Siderúrgicas granuladas
- Las Puzolanas Naturales y artificiales: Ceniza de bagazo, Ceniza de cáscara de arroz, Ceniza volcánica, Caliza

En general las adiciones cumplen tres papeles en un concreto:

- Un papel reológico (plastificación) que permite mantener o reducir el consumo de agua, ello hace a la mezcla más resistente,
- Un papel de densificación de la mezcla por la alta finura. Ello genera una alta impermeabilidad y a su vez, contribuye también a incrementar la resistencia.
- Un papel como puzolana que aumenta la fracción de tobermorita (gel de cemento), contribuyendo con ello a la impermeabilidad, a la reducción del calor de hidratación y a incrementar la resistencia mecánica.

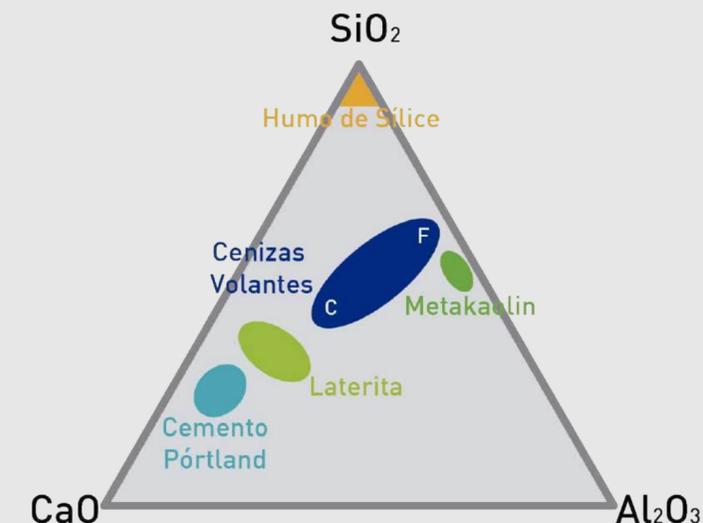


Figura 32. Adiciones minerales, sustitutos del cemento portland, con mejor desempeño y menor impacto ambiental. Fuente: Salazar, A. (2012).

La relación agua-cemento es la relación del peso de agua al peso de cemento usado en una mezcla de hormigón y tiene una influencia importante en la calidad del hormigón producido. Cuando hay participación de una adición sin tener en cuenta la noción del contenido de cemento portland equivalente, las propiedades físicas, mecánicas y de durabilidad de los cementos y de los concretos fabricados, se afectan notablemente.

4.4.8.4. Criterios para la selección de cementantes



Figura 33. Función de las adiciones en la confección del concreto
Fuente: Gráfico tomado de una presentación de la Prof. Karen Scrivener, EPFL, con su consentimiento.

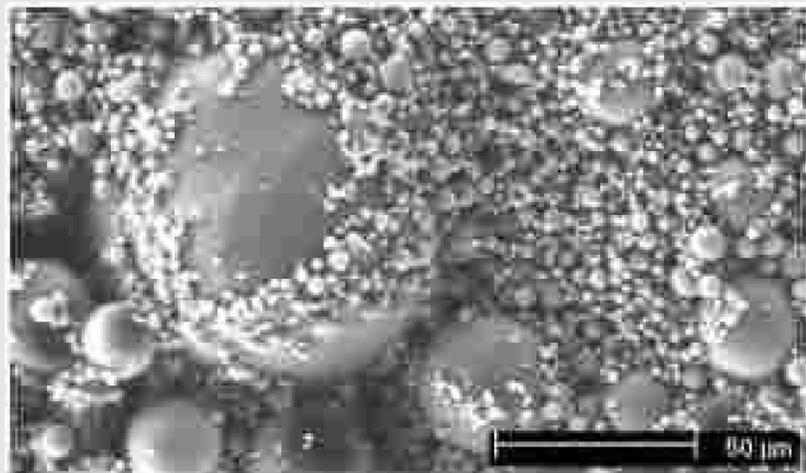


Figura 34. Microfotografía que muestra la función de las Cenizas volantes (flyash: el resultado de la quema de carbón mineral a altas temperaturas) en la microestructura del concreto. Fuente: Martirena J. F. (2006).

3. Reemplazo total del cemento portland. El avance en la ciencia de los materiales ha permitido durante los últimos años el desarrollo de materiales cementantes con un reemplazo total del cemento portland. Se recomienda la incorporación de estos avances, siempre que estén disponibles en el medio y pueda comprobarse su cumplimiento con todos los requerimientos establecidos por la norma técnica. La Tabla 15 muestra el desempeño técnico de una de estas tecnologías, desarrollada en la región del Valle del Cauca a partir de la valorización de residuos con alta disponibilidad en el lugar.

Tabla 15. Morteros de ceniza de bagazo y cal sin cemento portland.
Fuente: Salazar, A. (2000).

Partícula (%)		Resistencia (kg/cm ²)	
Ceniza	Cal	7 días	28 días
80	20	9,7	61,2
70	30	11,4	70,5
60	40	10,9	67,2

4.4.8.5. Criterios para la selección de agregados



Justificación

Las características de los agregados tienen una influencia importante sobre la durabilidad, la resistencia y la trabajabilidad del concreto, así como en el peso de la estructura (carga muerta). El exceso de consumo de cemento en las mezclas, se debe en gran parte a la forma, la textura, las películas superficiales y la distribución de tamaño de los agregados empleados. En este sentido, es muy importante la selección de las características apropiadas.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero calculista, director de obra y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

Clasificación de los agregados

1. Por TAMAÑO, se clasifican en:

- Agregado Fino
- Agregado Grueso

2. Por ORIGEN, se clasifican en:

- Naturales: Silíceos, calcáreos, micáceos, zeolíticos, etc., según sea su roca de origen.
- Artificiales: Arcillas expandidas, Escorias de carbón y Altos Hornos.

La normatividad técnica que regula las características de los agregados se lista a continuación:

- Granulometría (NTC 174 , 77)
- Forma y Textura (NTC 174)
- Composición mineralógica
- Dureza o resistencia a la abrasión (NTC 93, 98, 183)
- Resistencia Compresión (BS 812)
- Sustancias indeseables (NTC 78, 127, 130, 174, 579, 589)
- Estabilidad Química (NTC 126, 175)
- Estabilidad Térmica
- Estabilidad Volumétrica (Sanidad)
- Densidad específica y absorción (NTC 76, 237)
- Masa unitaria (NTC 92)
- Humedad total (NTC 1776)

Características generales a considerar para la selección de agregados:

- Ser partículas limpias, duras, resistentes y durables.
- Los agregados deben mantener sus propiedades físicas, químicas y térmicas a través del tiempo, para así poder brindar estabilidad a la estructura.
- Estar libres de sustancias químicas, recubrimientos de polvo u otros materiales que afecten la hidratación del cemento y la adherencia de la pasta.
- No deberán emplearse aquellos que contengan pizarras laminares naturales o esquistos, partículas porosas y deleznales.

Textura superficial

La textura superficial de los agregados puede tener un impacto significativo sobre el desempeño del concreto. La tabla 16 muestra el efecto de la textura superficial en las propiedades mecánicas del concreto.

4.4.8.5. Criterios para la selección de agregados

Tabla 16. Efecto de la textura superficial en las propiedades mecánicas del concreto.
Fuente: Salazar, A. (2012).

Partícula (%)		Resistencia 28 días (kg/cm ²)	
Lisas	Rugosas	Flexión	Compresión
100	0	41,7	340
50	50	45,2	315
0	100	47	289

Análisis petrográfico ASTM C-295

Este examen puede suministrar rápidamente mucha información sobre las propiedades de los agregados y contribuye a la interpretación de los resultados de los ensayos físicos y/o químicos a que se someta.

De la roca de origen se desprenden las siguientes propiedades:

- Características químicas y mineralógicas
- Densidad o gravedad específica
- Dureza
- Resistencia Mecánica
- Estabilidad Físico-Química
- Estructura: Masiva, densa, porosa
- Color

Densidad

- **Densidad Absoluta.** Se refiere al volumen del material sólido que excluye todos los poros. Es muy difícil de medir y tecnológicamente no tiene gran aplicación.
- **Densidad Aparente.** Se refiere al volumen del material sólido que incluye los poros impermeables, pero no a los capilares o poros permeables.
- **Densidad Aparente en Superficie Seca Saturada.** Se refiere al volumen del material sólido que incluye los poros impermeables y permeables. Esta es la densidad que más se usa para calcular el rendimiento del concreto o la cantidad requerida de agregado para un volumen dado de concreto.

Estabilidad química

- Las impurezas orgánicas pueden afectar el fraguado y el desarrollo de la resistencia del cemento, también pueden llegar a afectar la durabilidad de la mezcla. Las normas NTC 127 y 579, tratan sobre los métodos para determinar las impurezas orgánicas de la arena y el método para evaluar los efectos sobre la resistencia del mortero.
- Las partículas muy finas o recubrimientos que afectan la adherencia entre el agregado y la pasta de cemento, a su vez incrementan la cantidad de agua requerida en la mezcla.
- Las partículas débiles, blandas o inestables que afectan la trabajabilidad y la durabilidad de las mezclas y en alguna medida su resistencia. Algunas pueden producir manchas o reventones en las superficies del concreto. Entre ellas se encuentran: el carbón, la pirita, la mica, etc.

Módulo de Finura.

Es la suma de los porcentajes retenidos acumulados dividido entre 100. Según la norma NTC 2240 no deberá variar más que en 0.20 del promedio de módulo de finura obtenido entre todas las muestras probadas. Cuando no se cumple con éste rango, se deberá rechazar la arena o rediseñar la mezcla.

Para escoger un agregado hay que conocer las dimensiones del elemento así como el tamaño, distribución y cantidad de acero. El tamaño máximo no debe exceder de:

- 1/5 de la dimensión mínima de los miembros sin refuerzo
- 3/4 de la distancia libre entre refuerzos o entre éstos y los moldes
- 1/3 del espesor de las losas sin refuerzo situadas sobre el terreno.

4.4.8.6. Aditivos



Justificación

Los aditivos son materiales distintos al cemento, al agua y a los agregados, que se adicionan al concreto y morteros antes o durante el mezclado, a fin de conferirles propiedades particulares. Son el cuarto elemento del concreto. Se trata de productos que, añadidos al cementante, en el momento de su elaboración en las condiciones adecuadas, en la forma conveniente y en la dosis precisa, tiene por finalidad modificar en sentido positivo y con carácter permanente las propiedades del conglomerado, o en su caso conferirselas, para su mejor comportamiento en todos o en algunos aspectos, tanto en estado fresco como una vez fraguado y endurecido. Como ya se ha mencionado a lo largo del numeral 4.4 de la presente guía, el mejoramiento del desempeño técnico de los materiales constituye un criterio de sostenibilidad.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero calculista, director de obra y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

Los aditivos pueden clasificarse de acuerdo con su función de acuerdo con el listado que se presenta a continuación. Se recomienda analizar cuidadosamente sus características antes de incorporarlos a las mezclas de una obra, teniendo en consideración su costo económico en relación con el beneficio que pueden presentar.

1. Plastificantes (sólidos pulverulentos insolubles en agua).

- Mejoran la docilidad para una determinada relación a/c.
- Permiten modificar la cantidad de agua de amasado para una docilidad dada.

2. Fluidificantes: Reductores de agua.

- Aumentan la trabajabilidad para un mismo contenido de agua de amasado, sin producir segregación.
- Disminuyen la cantidad de agua de amasado para una trabajabilidad dada.
- Obtienen ambos efectos simultáneamente.

3. Superfluidificantes o superplastificantes: Reductores de agua de alta actividad.

- Aumentan, de forma significativa, la trabajabilidad para una relación a/c dada.
- Producen una reducción considerable de la cantidad de agua de amasado, para una determinada trabajabilidad.
- Obtienen simultáneamente ambos efectos

4. Aceleradores de fraguado: Reducen o adelantan el tiempo de fraguado del cemento (principio y Final).

5. Retardadores de fraguado: Retrasan o aumentan el tiempo de fraguado del cemento.

6. Aceleradores de endurecimiento: Aumentan o aceleran el desarrollo de las resistencias mecánicas iniciales. (Estos aditivos pueden producir una modificación del tiempo de fraguado como efecto secundario)

7. Incluidores de aire: Incluyen un número elevado de micro burbujas de aire, separadas y repartidas uniformemente. Estas burbujas permanecen durante el endurecimiento del material.

8. Generadores de gas: Producen un gas por medio de una reacción química, como hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, etc., que quedan en mayor o menor parte incluido en la masa.

9. Generadores de espuma: Producen, por medios mecánicos, una espuma estable formada por burbujas de aire de tamaño variable, homogéneamente distribuidas dentro de la masa a la que confieren estructura alveolar.

10. Desaireante o antiespumante: Eliminan el exceso de aire introducido al emplear ciertos agregados o aditivos utilizados para obtener otra función principal, distinta a la introducción de aire.

11. Reductores de penetración del agua: Incrementan la resistencia al paso del agua bajo presión a través de las mezclas endurecidas.

12. Repulsores de agua o hidrófugos: Disminuyen la capacidad de absorción capilar o la cantidad de agua que pasa a través de una masa saturada y sometida a un gradiente hidráulico

13. Inhibidores de corrosión de armaduras: Reducen la posibilidad de corrosión de las armaduras embebidas en el concreto o mortero.

14. Modificadores de la reacción álcali- agregados: Impiden o dificultan la reacción entre ciertos áridos y los alcalinos del cemento y reducen sus efectos expansivos.

4.4.8.7. Agua de mezcla



Justificación

El proceso convencional para la elaboración de concretos respecto a las calidades de agua, no está especificada en los usos que define el decreto 3039, cuando la elaboración de mezclas para concreto debería clasificarse como un uso industrial, siendo usado con frecuencia agua potable apta para el consumo humano en la elaboración de concretos. La Norma Nacional Sismo resistente NSR-10, en su título C sobre “concreto estructural”, incluyen métodos para calificar las fuentes de agua impotable, considerando los efectos en el tiempo de fraguado y la resistencia, además se incluyen límites opcionales para los cloruros, sulfatos, álcalis y sólidos en el agua de mezclado, a los que se puede apelar cuando sea necesario. En este escenario es posible hacer una gestión del agua potable en el ambiente construido, reemplazando este para mezclas de concretos con aguas de menor calidad, sin que se comprometa la calidad de los concretos obtenidos.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.
- Incrementar el cuidado del agua en el ambiente construido con el uso de aguas de menor calidad que la potable en aplicaciones que pueden considerarse industriales.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero calculista, director de obra y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

El agua empleada en el mezclado del concreto debe cumplir con las disposiciones de la norma NTC 3459 (BS3148) o de la norma ASTM C1602M cuando sean menos exigentes que los de la norma NTC 3459. En la selección de la fuente de agua debe tenerse en consideración:

- Las impurezas en el agua pueden interferir con el fraguado del cemento, afectar adversamente la resistencia o causar manchas en la superficie y provocar, además, la corrosión de los aceros de refuerzo.
- Es necesario distinguir entre los efectos del agua de mezclado y el ataque a la mezcla endurecida por parte de aguas agresivas. Basándose en un mínimo de resistencias del 85% respecto a las obtenidas con agua pura, se estableció:
 - **No se aceptan como aguas:**
 - Aguas ácidas - ácido húmico,
 - Aguas básicas provenientes de curtiembres,
 - Aguas carbonatadas provenientes de descargas de plantas de galvanización,
 - Aguas que contengan más del 3% de ClNa ó 3.5% de SO₃Na₂,
 - Aguas conteniendo azúcares.
 - **Se aceptan las siguientes aguas:**
 - Aguas con un contenido máximo de 1% de Sulfatos,
 - Agua de mar pero no para concretos reforzados,
 - Aguas alcalinas con un contenido máximo del 0.15% de Na₂SO₄ o NaCl,
 - Aguas provenientes de minas de carbón y yeso,
 - Agua residual de fábricas de: Cerveza, plantas de gas, pinturas y jabón.

4.4.8.8. Diseño de mezclas



Justificación

La selección adecuada de insumos para la confección de concretos u hormigones debe estar guiada por un adecuado diseño de mezclas, lo cual es fundamental para garantizar el desempeño técnico adecuado en términos de resistencia, durabilidad y trabajabilidad. En este sentido, uno de los principales criterios es evitar que se presenten patologías en el concreto durante la fase de operación de los proyectos.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Constructor, Arquitecto, Ingeniero y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

Con el fin de optimizar el desempeño del concreto y reducir la probabilidad de aparición de patologías, se recomienda llevar seguir los criterios que se establecen en la Figura 35.

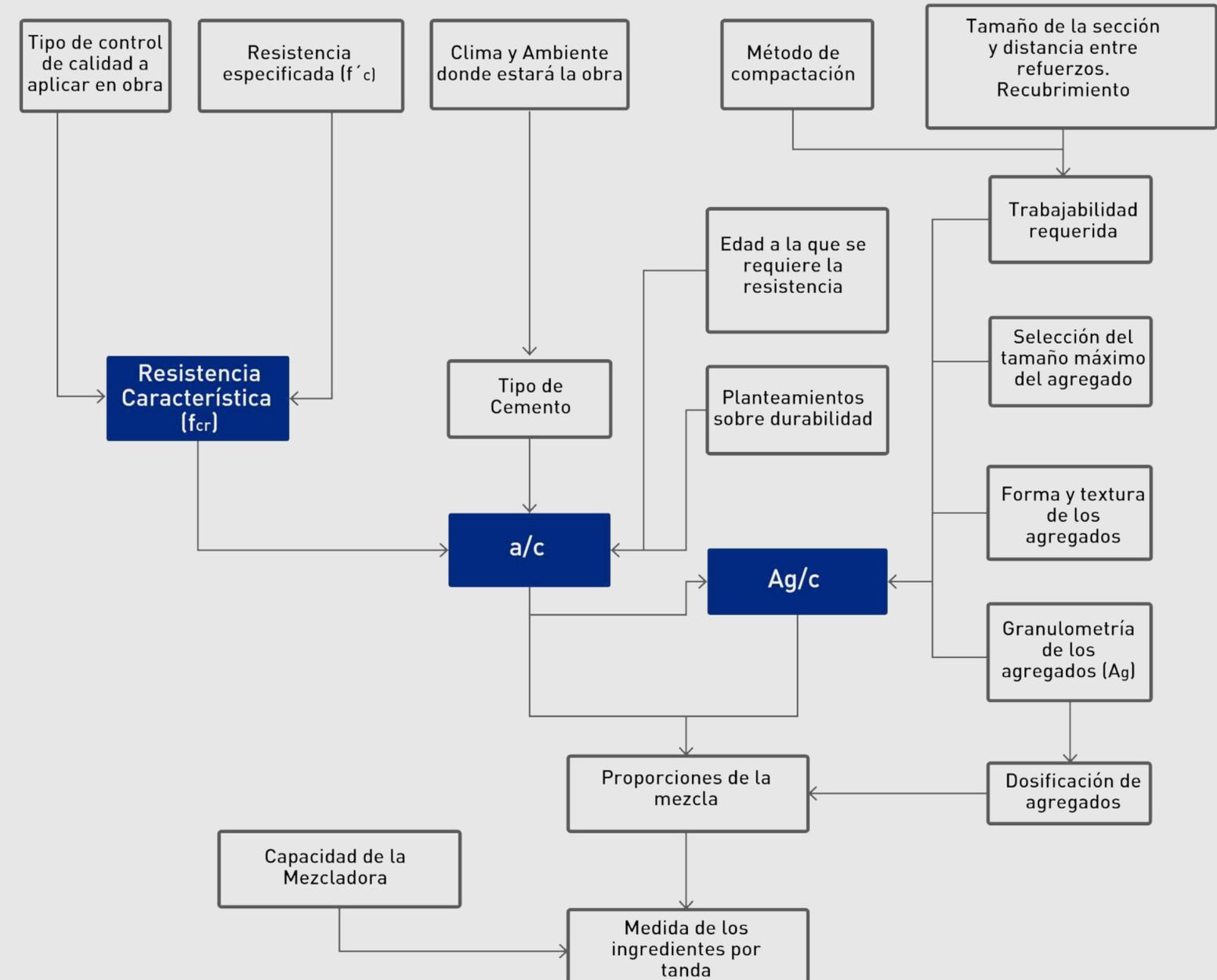


Figura 35. Diagrama de flujo de criterios para el diseño de concretos
Fuente: Salazar, A. (2012).

4.4.8.9. Confección de mezclas



Justificación

El proceso de confección de la mezcla de concreto u hormigón debe ser igualmente cuidadosa. Una mezcla adecuadamente diseñada, pero inadecuadamente confeccionada podrá generar impactos negativos sobre el desempeño técnico del material. Se debe tener en cuenta la técnica y el tiempo óptimo de mezclado y especial cuidado con el agua de reemplado.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero calculista, director de obra y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

1. Se recomienda siempre confeccionar las mezclas con base en pesos y no en volúmenes, ya que los volúmenes de los materiales son variables en función de la temperatura y la humedad (ver Figura 36).

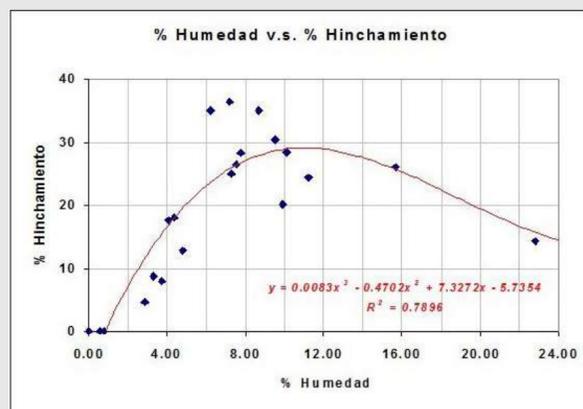


Figura 36. Hinchamiento de agregados finos (arena) en función de la humedad. Fuente: Salazar, A. (2012).

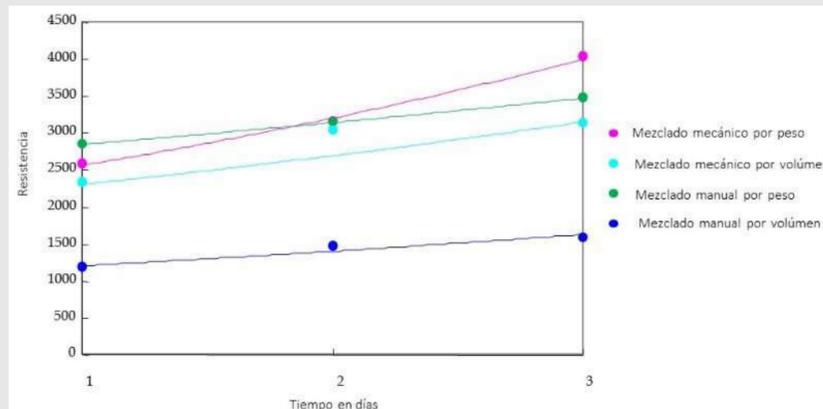


Figura 37. Efecto del tipo de mezclado en la resistencia del concreto Fuente: Salazar, A. (2012).

2. Se recomienda siempre efectuar las mezclas por medios mecánicos y no manuales (ver Figura 37).
3. Se recomienda optimizar el tiempo de mezclado con el fin de garantizar la uniformidad del material y la replicabilidad de los resultados (ver Figura 38)

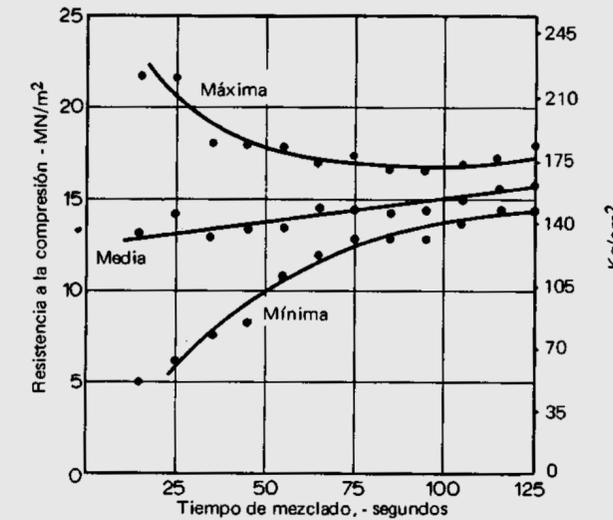


Figura 38. Efecto del tiempo de mezcla en la resistencia a la compresión. Fuente: Salazar, A. (2012).

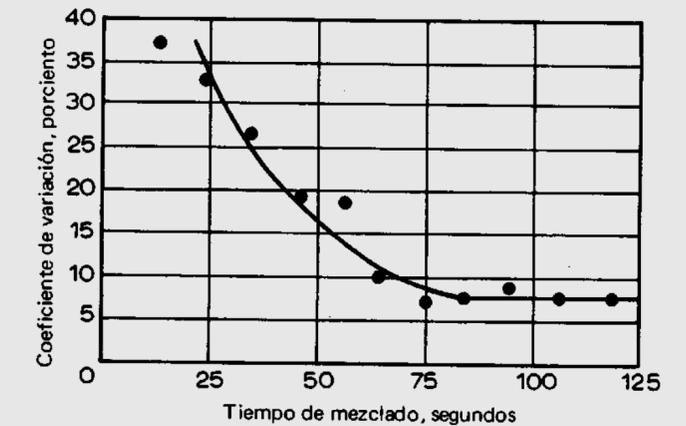


Figura 39. Replicabilidad de las muestras de concreto de acuerdo con el tiempo de mezcla. Fuente: Salazar, A. (2012).

4. No Retemple al concreto, esto es no le adicione agua al concreto una vez éste haya sido preparado o llegue como concreto premezclado. (ver Figura 40)

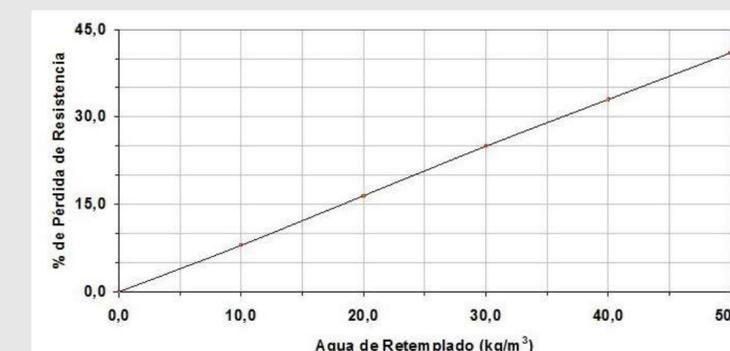


Figura 40. Efecto del agua de reemplado en la resistencia del concreto Fuente: Salazar, A. (2012).

4.4.8.10. Colocación, prevención de la segregación y compactación



Justificación

Una vez confeccionada la mezcla es importante que los procesos de segregación, colocación y compactación se den de forma adecuada y en periodos de tiempo claramente establecidos.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero calculista, director de obra y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

1. Segregación.

Dado que el concreto no está constituido por materiales homogéneos y es una mezcla de materiales de diferentes densidades y tamaños, incluyendo el aire atrapado o incluido, siempre habrá una tendencia a la sedimentación de los materiales más densos y de mayor tamaño. Muchas de las imperfecciones que se encuentran en la masa del concreto definidas como hormigueros, son debidos a esta segregación. Las mezclas propensas a segregarse son las poco dóciles o ásperas, las extremadamente fluidas o secas o aquellas otras que contienen gran cantidad de arena. La segregación en el concreto se produce a pesar de ser muy dócil, si ha sido maltratado o sometido a operaciones inadecuadas. Una mezcla segregada no se deja compactar completamente. Las causas principales son:

- Una diferencia de tamaños marcada entre las partículas de agregados de la mezcla.
- Diferentes densidades de las partículas de los agregados grueso y fino. Se puede controlar efectuando una mezcla de agregados de granulometría adecuada, buscando que las densidades de los agregados sean similares y realizando un buen manejo de la mezcla. La magnitud real de este fenómeno dependerá del método de colocación y de manejo del concreto.

2. Colocación

Otro factor que afecta la trabajabilidad del concreto y por ende su asentamiento, es el tiempo que transcurre entre el fin del mezclado y su colocación. En general, mientras más tiempo transcurra en la colocación del concreto se dará oportunidad a una mayor evaporación del agua. La colocación del concreto se debe realizar a un ritmo constante en estratos horizontales de espesor lo más regulares posibles. Para evitar la segregación, la altura de la caída no debería superar los 50 cm. Si la distancia a la superficie supera los 2 m, el concreto debería ser colocado con el auxilio de tubos o de flexibles (ver Figura 41)

3. Compactación

En un buen porcentaje, la resistencia de un concreto es función del grado de compactación, por lo tanto es necesario que toda mezcla posea una consistencia o trabajabilidad que permita su transporte, colocación y terminado con el menor esfuerzo posible y sin propiciar la segregación de los constituyentes que contiene.

La facilidad de colocar, consolidar y terminar el concreto es llamada trabajabilidad. En una situación dada el concreto debe ser trabajable pero no debe segregar ni sangrar en exceso. Las condiciones que deben darse para la compactación son:

- Compactibilidad: es la facilidad con la que un concreto es compactado y las burbujas de aire son eliminadas.
- Movilidad: es la fluidez en el encofrado y alrededor de los refuerzos de acero.
- Estabilidad: es la aptitud de mantenerse como una masa estable y homogénea sin segregación.
- Terminado: es la facilidad para un buen terminado o acabado.
- La cantidad y características del cemento
- La gradación y forma de la arena
- La gradación y forma del agregado grueso
- La proporción de agregado fino a agregado grueso.
- El porcentaje de aire atrapado
- El tipo y la calidad de la puzolana usada.
- La cantidad de agua
- La cantidad y característica de los aditivos

Un concreto es homogéneo cuando su composición es idéntica en todos sus puntos. El objeto del mezclado es lograr la homogeneidad de los materiales, tal que todos estén uniformemente distribuidos. Para ello se emplean mezcladoras que deben cumplir con requisitos definidos de: velocidad, fácil descarga que no altere la uniformidad de la mezcla y una capacidad de producción en un tiempo óptimo de mezclado.

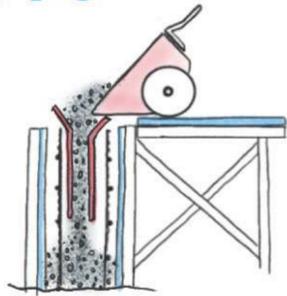
4.4.8.10. Colocación, prevención de la segregación y compactación

Como en nuestro medio es común mezclar a mano el concreto, es importante tener en cuenta que:

- Con él, se generan mezclas muy heterogéneas no aptas para obras que exijan concretos de altas resistencias.
- Debe realizarse sobre una superficie limpia no absorbente y en ningún caso sobre una superficie de suelo o tierra.
- No es recomendado para conseguir concretos de buena calidad y altas resistencias.

CORRECTO

Se evita la segregación vertiendo a través de una tolva



El extendido se hace contra el hormigón ya vertido, consiguiéndose una mayor homogeneidad

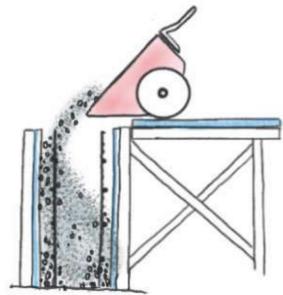


Se evita la segregación vertiendo a través de una tolva suficientemente alta



INCORRECTO

El hormigón vertido sin ninguna guía golpea las paredes y las barras disgregándose. Formación de coqueas en el fondo

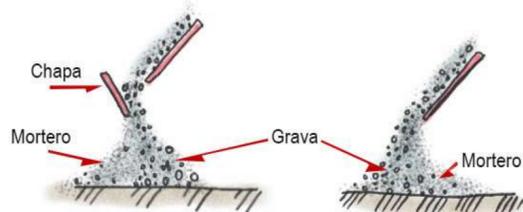


Cuando el extendido se hace hacia el lado libre, se producen nidos de grava por segregación del árido grueso



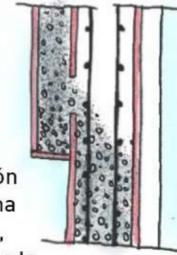
Nidos de grava

La caída libre o insuficientemente guiada provoca la segregación de la masa



CORRECTO

Se vierte el hormigón verticalmente en una recámara exterior, colocada por debajo de la ventana del encofrado, de manera que la masa desborda y cae uniformemente



Se vierte el hormigón contra la masa ya colocada

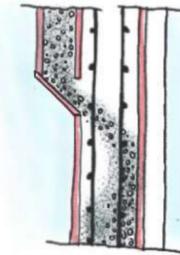


Una chapa formando tolva impide la segregación y mantiene la masa a lo largo de la pendiente

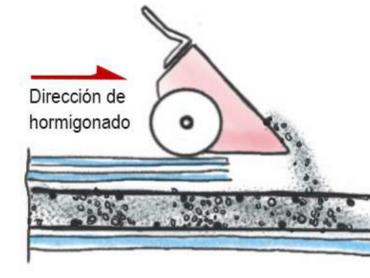


INCORRECTO

La descarga rápida y directa sobre una pared del encofrado provoca invariablemente la segregación



Si el hormigón se vierte delante de la masa ya colocada se produce segregación



La caída libre del hormigón provoca nidos de grava. La velocidad y el impacto tienden a que la masa se amontone en la parte baja



Figura 41. Métodos correctos e incorrectos de colocación del concreto
Fuente: Salazar, A. (2012).

4.4.8.11. Curado y Fraguado del Concreto



Justificación

El Comité 308 de la ACI (Salazar, 1998) define al Curado como: “El proceso de mantener un contenido de humedad satisfactorio y una temperatura favorable en el concreto durante la hidratación de los materiales cementantes, de manera que se desarrollen en el concreto las propiedades deseadas”. El curado es entonces controlar la temperatura y los movimientos de humedad del concreto a fin de lograr la mayor hidratación del cemento. Por su parte, el fraguado es el proceso de endurecimiento y pérdida de plasticidad del hormigón o mortero de cemento, producido por la desecación y recristalización de los hidróxidos metálicos procedentes de la reacción química del agua de amasado, con los óxidos metálicos presentes en el clínker que compone el cemento. También se denomina fraguado al proceso de endurecimiento de la pasta de yeso o del mortero de cal.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Constructor, Arquitecto, Ingeniero y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

1. Curado

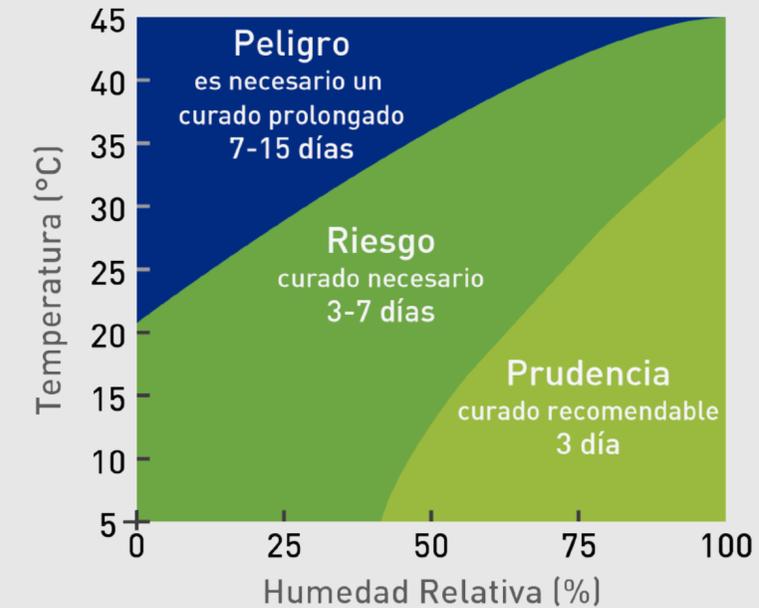
Un buen curado no significa alcanzar un rendimiento adicional en el comportamiento del concreto, sino que es una condición básica, sin la cual no se pueden lograr las resistencias mecánicas exigidas por la obra ni sus demás características de durabilidad.

- Dentro del término curado están todas las operaciones aplicadas al concreto fresco, después de ser colocado, hasta que haya logrado un endurecimiento satisfactorio.
- Hasta no conseguir dicho estado de endurecimiento, el concreto debe protegerse contra toda influencia nociva como por ejemplo la desecación por el calor o el viento, la lluvia, el agua corriente y los ataques químicos, etc.

2. Fraguado

Respecto al fraguado del concreto se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- A mayor cantidad de agua mayor tiempo de fraguado.
- A mayor temperatura del medio menor tiempo de fraguado y viceversa.
- A mayor finura del cemento menor tiempo de fraguado.
- La vejez del cemento incrementa el tiempo de fraguado.
- A mayor humedad relativa mayor tiempo de fraguado.



A falta de una protección isoterma el curado debe mantenerse mientras la temperatura permanezca interior a 5°C

Figura 42. Efecto de la temperatura y la humedad en el curado del concreto.
Fuente: Salazar, A. (2012).

4.4.8.12. Geopolímeros



Justificación

Los geopolímeros fueron redescubiertos por el investigador francés Joseph Davidovits en la década del 80, quien además, habría formulado la hipótesis de que las pirámides egipcias habrían sido construidas con una clase de geopolímeros formados por piedra caliza. Un reciente análisis científico demuestra el carácter artificial de los bloques con que se construyeron las pirámides de Egipto. En el artículo “¿La pirámide de Bent en Senefru fue construida con piedras prefabricadas o talladas?”, se evidencia esta conclusión después de realizar la prueba multinuclear NMR. El artículo fue publicado en *Materials Letters* 65 (2011) 350 – 352. Los geopolímeros son minerales naturales tales como el caolín calcinado a metacaolín, proveniente de la deshidroxidación del caolín, que es una arcilla blanca muy pura, empleada para fabricar cerámica, porcelana y papel, a partir de los cuales es posible desarrollar materiales compuestos para la construcción con las siguientes aplicaciones estructurales y/o funcionales:

- Reforzamiento en la producción de moldes
- Cementos y concreto en varios ambientes
- Materiales resistentes al fuego
- Aislamiento térmico
- Materiales de construcción de bajo costo
- Artefactos decorativos
- Refractarios resistentes al choque térmico
- Inmovilización tecnológica de residuos tóxicos y radioactivos

Todas estas aplicaciones garantizan una elevada resistencia mecánica y excelente estabilidad frente a medios agresivos. Su producción coadyuva a la utilización de tecnologías sostenibles, mitigando problemas ambientales como consecuencia del tipo de materias primas utilizadas, y a la utilización de subproductos industriales como escorias de alto horno (siderurgia), residuos industriales como la ceniza volante, ceniza de bagazo, ladrillo quebrado, etc.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad material, la energía incorporada y las emisiones de GEI por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

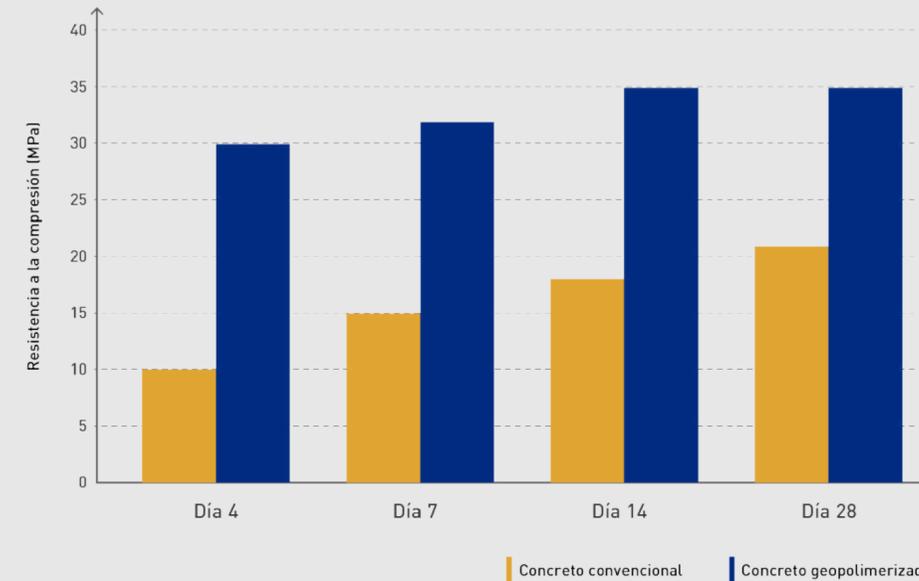


Figura 43. Comparación de resistencias a la compresión de bloques de concreto convencional y bloques geopolimerizados. Fuente: Yépes Gaviria (2013).

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero calculista, director de obra y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

Como se mencionó anteriormente, los geopolímeros pueden tener numerosas aplicaciones en la actividad constructiva, sin embargo, la principal aplicación que se recomienda es esta guía es la valorización del suelo residual de excavación, para la fabricación de elementos tales como bloques de tierra comprimida con base en la norma NTC 5324.

De acuerdo con el [numeral 1.2.1. de la Guía n°1](#), los suelos con alto contenido de limo son aptos para la fabricación de elementos constructivos basados en geopolímeros. Para mayor información sobre la elaboración de elementos basados en geopolímeros se recomienda consultar a Yepes & Bedoya (2014).

4.4.9. Deconstrucción

Deconstruir hace referencia a la tarea de desensamblar o desmontar gradualmente una edificación, con el fin de recuperar o rescatar sus componentes, parcial o totalmente, para ser reusados o reciclados, y simultáneamente, reducir la cantidad de residuos que deben ser dispuestos en las escombreras. A pesar de ser poco común en el medio local, no es un concepto nuevo. Antes de la existencia de maquinaria pesada, la deconstrucción era el medio por el cual se desmontaban las edificaciones en la mayor parte del mundo (Livingston & Jackson, 2001), y así mismo, es parcialmente aplicada, inconscientemente en algunos casos, cuando se recuperan elementos constructivos antes de iniciar un proceso de demolición.

Si bien puede tomar más tiempo que una demolición convencional, lo que puede implicar una extensión en la contratación de la mano de obra del equipo encargado de esta, la deconstrucción presenta múltiples ventajas para los proyectos y la región, desde diferentes puntos de vista, que equilibran en la mayoría de las ocasiones el costo adicional de una extensión en la contratación.

Ambientalmente, uno de los principales beneficios de la deconstrucción es cerrar el ciclo del uso de recursos, disminuyendo la necesidad de explotar nuevos recursos y reduciendo los residuos que requieren ser dispuestos en las escombreras, alargando a su vez, la vida útil de estas (Environmental Protection Agency, n.d.; Integrated Waste Management Board, 2001). Considerando que en el Valle de Aburrá se producen a diario más de 8.000 toneladas de RCDs (AMVA & UPB, 2015), la deconstrucción se presenta como una estrategia efectiva para disminuir los impactos ambientales asociados a la disposición final de estos.

Así mismo, al estar basado en el uso de herramientas manuales o de escala media, este proceso puede presentar ventajas económicas para el proyecto, gracias a una disminución en el costo de arrendamientos de equipos y maquinaria pesada, así como por la posibilidad de obte-

ner una remuneración adicional con la venta de las piezas o materiales en buen estado que fueron retirados de la edificación existente. De la misma manera, al reducirse la cantidad de RCDs producidos y por lo tanto, la cuantía de estos que deben ser dispuestos en escombreras, se reflejará una disminución en el valor de la tasa a pagar por el transporte y disposición de escombros (Integrated Waste Management Board, 2001).

La deconstrucción de una edificación puede ser parcial, como un proceso de pre-demolición, o total, reemplazando por completo a esta. El grado de deconstrucción dependerá de las particularidades de cada caso, y debe ser definido haciendo una cuidadosa evaluación de qué resultaría más beneficioso desde una perspectiva ambiental, social y económica, factores que están estrechamente relacionados con la materialidad de la edificación, la integridad estructural de los componentes y los materiales, el tiempo de vida útil de la edificación y sus dimensiones.

Considerando que el modelo de ciudad al que apuntan las directrices territoriales regionales y municipales, es uno compacto, en los próximos años muchas edificaciones de pequeña y mediana escala deberán ser removidas para dar cabida a los nuevos desarrollos inmobiliarios, bajo procesos de redensificación, renovación o reutilización urbana. El objetivo es entonces, proponer estrategias para que estos procesos de deconstrucción o demolición, se realicen de manera planificada y coordinada, propiciando que los residuos puedan ser aprovechados de la mejor manera posible, bien sea por medio del reúso de aquellos cuyo estado de conservación lo permitan, o haciendo una clasificación apropiada de los residuos resultantes, para que puedan ser reciclados en la elaboración de otros componentes. Así mismo, generando orientaciones de diseño, para que las nuevas edificaciones construidas incorporen lineamientos, que faciliten su deconstrucción al final de su vida útil.

4.4.9.1. Deconstruir



Profesional (es) requerido (s)

Diseño - Planeación	Etapa de construcción - Fase de obra	Fase de operación
<p>Viabilidad:</p> <ul style="list-style-type: none"> Proceso general y mobiliario: Arquitecto o ingeniero civil que esté familiarizado con el proceso de construcción civil. En los casos que se requiera, profesional especialista en restauración. Materiales y elementos constructivos: Ingeniero estructural o de materiales, o profesional especialista en patologías de la edificación que pueda definir la integridad estructural de los materiales. Equipos: técnico que certifique la posibilidad de reúso de un sistema o sus componentes, parcial o totalmente. <p>Diseño y definición del procedimiento:</p> <ul style="list-style-type: none"> Constructor o Arquitecto constructor. Arquitecto o Ingeniero civil con experiencia en construcción civil. Ingeniero Ambiental o Sanitario. 	<p>Supervisión:</p> <ul style="list-style-type: none"> Constructor o Arquitecto constructor. Arquitecto o Ingeniero civil con experiencia en construcción civil. Ingeniero Ambiental o Sanitario <p>Ejecución:</p> <ul style="list-style-type: none"> Operarios y obreros con experiencia en construcción civil y certificado de trabajo en alturas, con previa inducción y capacitación sobre el concepto de deconstruir y el procedimiento de deconstrucción y seguridad laboral para el desarrollo de este procedimiento. 	<p>No Aplica</p>



Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Reducir la producción de Residuos de Construcción y Demolición.
- Incrementar el aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición.

Justificación

Este ítem hace referencia a la actividad misma de dismantelar y desensamblar la edificación, y los procesos que deben ser desarrollados antes y durante esta actividad. En el contexto del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, pocas edificaciones, por no decir que ninguna o por lo menos no de una forma consiente, fueron proyectadas considerando estrategias del diseño para la deconstrucción.

Los sistemas constructivos usados tradicionalmente en el Valle de Aburrá, se caracterizan por una gran intensidad y variedad de materiales, lo cual resalta aún más las virtudes y beneficios que se derivan de la implementación de una estrategia de deconstrucción, los cuales fueron descritos en la introducción de este capítulo (ver numeral 4.4.9. de esta guía).

Descripción del lineamiento

Diseño - Planeación

El primer paso antes de dar inicio a una nueva construcción es adecuar el lote, proceso que incluye la remoción total o parcial de cualquier tipo de estructura preexistente. Antes de empezar un proceso de deconstrucción es importante realizar una evaluación para definir la viabilidad de esta como proceso para retirar la edificación existente, bajo criterios ambientales, sociales y económicos.

Con este fin debe realizarse un inventario detallado de cómo y de qué está compuesta la edificación. Se recomienda el uso de cámara fotográfica para el registro de los elementos y registrar detalles relevantes o importantes y definir un formato que permita registrar todo lo inventariado. Debido a la novedad de esta práctica en el medio local, aún no se cuenta con un formato oficial para este proceso. Hacer un inventario detallado implica una inspección invasiva de la estructura, que permitirá identificar materiales peligrosos que no son visibles durante una inspección superficial.

Con base en lo encontrado, debe definirse qué nivel de deconstrucción va a realizarse. En general este procedimiento puede realizarse a 3 niveles:

4.4.9.1. Deconstruir

1. Nivel 1: algunos autores lo denominan Rescate Arquitectónico pre-demolición (Livingston & Jackson, 2001), otros Soft-stripping (NAHB Research Center, 2000). Este es el tipo de deconstrucción más simple y sencilla de realizar, hace referencia a retirar componentes o equipos específicos de la edificación, antes de un proceso de demolición. Se enfoca en la recuperación de componentes histórica o arquitectónicamente significativos o decorativos, en marcos, puertas, pisos de madera natural, gabinetes, entre otros, y en elementos valiosos de reciclaje, como tuberías de cobre, cableado, aluminio, entre otros. Una vez finalizado este proceso, usualmente se recurre a la demolición convencional.

2. Nivel 2: este se enfoca en hacer una deconstrucción parcial o selectiva de la edificación. Adicionalmente a la retirada de los elementos mencionados en el nivel anterior, pueden desmontarse porciones de la edificación cuyos componentes, debido a su tamaño, estado de conservación o valor comercial, justifiquen su conservación.

3. Nivel 3: este nivel de deconstrucción, denominado estructural o de recuperación total del lote, implica un desensamble de la edificación en su totalidad, lo que requiere de un cuidadoso diseño del procedimiento.

Una vez definido si esta estrategia es viable y el nivel de deconstrucción a realizar, debe diseñarse el procedimiento para esta, definiendo secuencias de trabajo y asignando tareas específicas al equipo. Estas deben ser definidas de acuerdo con los materiales que se desea recuperar y las condiciones especiales de la edificación. En la mayoría de los casos este procedimiento sigue el orden contrario a aquel con el que fue construida la edificación, que en general puede enunciarse en 5 pasos (NAHB Research Center, 2000):

1. Retirar todos los elementos decorativos como marcos de las puertas, molduras en madera y yeso, guardaescobas, entre otros.
2. Sacar los equipos de cocina, dispositivos exteriores de plomería, gabinetes, puertas y ventanas.
3. Retirar los revestimientos del suelo, recubrimiento de paredes, aislamiento, cableado, y los dispositivos internos de plomería (tuberías).
4. Desmontar el techo.
5. Desmontar las paredes, los marcos estructurales, y las losas, un piso a la vez, comenzando de arriba hacia abajo.

Es importante considerar, que este procedimiento requiere de un lugar seguro, que pueda ser cerrado, y que esté protegido de la humedad y la intemperie, para el almacenamiento temporal de los elementos recuperados.

Etapa de construcción -
Fase de obra

- Desarrollar la secuencia de actividades de acuerdo con lo estipulado en la fase de diseño, haciendo estricto seguimiento de directrices y especificaciones técnicas hechas en este.
- Asegurar que todas las medidas de seguridad sean tomadas y aplicadas correctamente para salvaguardar el bienestar de los trabajadores, los transeúntes y los materiales recuperados.

Fase de operación

No aplica

4.4.9.2. Consideraciones de seguridad



Debido a la delicada naturaleza de un procedimiento de deconstrucción, al igual que en las obras civiles, la seguridad debe ser la prioridad número 1, a todos los niveles. Antes de iniciar un proceso de deconstrucción, así como en el de demolición, es imperativo desconectar los suministros de todos los servicios que entran al lote, como el agua, la energía y el gas, desde los contadores, es decir, antes de su entrada al lote, con el fin de evitar situaciones de riesgo, así como fugas y desperdicio de los recursos.

La protección contra caídas, el mantenimiento de integridad estructural y la prevención de incendios, son temas de gran importancia en procesos de demolición, pero que deben ser considerados aun con mayor cuidado durante la deconstrucción. Todavía no existen procedimientos estandarizados para este proceso, pero es importante que la secuencia definida evite el colapso de la estructura y garantice la seguridad de los trabajadores frente a este evento y los otros antes mencionados.

En este orden de ideas, el equipo de trabajo debe tener un claro entendimiento de cuáles son los elementos existentes o temporales, que garantizan la estabilidad de la estructura y cuáles deben ser los cuidados frente a ellos. Así mismo, deben estar en la capacidad de evaluar y entender el impacto que puede tener la remoción de un elemento en la estabilidad del entorno inmediato, con el fin de prevenir situaciones de riesgo.

Debe hacerse, durante todo el tiempo, un estricto uso de los implementos de seguridad y del equipo de seguridad personal requeridos para actividades constructivas y de obra civil, y aquellos adicionales definidos por cada una de las actividades específicas. Estos deben estar en buen estado y ser usados correctamente. Para trabajo en alturas deben definirse anclajes estables y seguros, y los operarios deben hacer uso adecuado del arnés. Así mismo, debe propenderse porque el espacio de trabajo se mantenga limpio y ordenado, con el fin de evitar situaciones

de caída por superficies húmedas u obstáculos en las zonas de circulación.

Además de estos riesgos, deben ser considerados contaminantes contenidos en algunos de los componentes, como el material particulado proveniente de elementos a base de asbestos o pintura a base de plomo, pues son altamente nocivos para la salud humana, y para su remoción requieren de procedimientos y de implementos de seguridad especial, así como de personal capacitado para hacerlo.

Con el fin de proteger a los trabajadores y al público en general, se aconseja que antes de iniciar el proceso de ejecución, se instale un cerramiento perimetral con portón que pueda ser cerrado y asegurado.

NOTA: Es importante resaltar que no todos los materiales tiene la misma composición y las mismas características físicas, razón por la cual, la separación en la fuente adquiere una gran importancia para garantizar que estos puedan ser reaprovechados, una vez finalice un proceso de deconstrucción o demolición.

4.4.9.3. Diseñar para la deconstrucción



Justificación

Diseñar para deconstruir implica un claro entendimiento entre la estrecha relación, que debe existir entre el diseño arquitectónico y el proceso mediante el cual los elementos diseñados se materializan. Su objetivo es definir cómo ensamblar una edificación que al final de su vida útil, permita ser desmantelada comprometiendo mínimamente la integridad física de sus componentes, facilitando que estos sean reusados posteriormente, o definiendo materialidades cuya composición permita que sean reciclados. A pesar que su función principal se centra en el final de la vida útil de las edificaciones, la mayor parte de los beneficios derivados de incorporar estos lineamientos al diseño de una edificación, se hacen evidentes durante su operación (Environmental Protection Agency, n.d.).

Los principios de diseño para deconstruir facilitan la remoción y cambio de los componentes de la edificación, lo que le otorga a esta una mayor flexibilidad y adaptabilidad a posibles evoluciones, en sus funciones a lo largo de su vida útil, condición que podría incluso verse prolongada. De la misma forma, no sólo facilita procesos de cambio y reparación, sino que a su vez evita que procesos de reparación de eventos como averías en las redes, resulten en grandes daños materiales y una mayor inversión para su reparación puntual.

A los beneficios mencionados, se suman los previamente descritos, como la disminución en la presión para la explotación de materias primas para la fabricación de materiales nuevos y la reducción en el volumen de RCDs que necesitan una disposición final en las escombreras, y los impactos ambientales asociados a ambos procesos.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Reducción en la producción Residuos de Construcción y Demolición.
- Aprovechamiento de Residuos de Construcción y Demolición.

Profesional (es) requerido (s)

Arquitecto



Descripción del lineamiento

Un diseño para la deconstrucción, no exige un proceso diferenciado en relación a uno convencional. Incorpora a estas estrategias que facilitan el desensamble de la edificación y la recuperación de sus componentes al final de su vida útil. Estas estrategias influenciarán especialmente 3 aspectos de la dimensión física de la edificación: la materialidad, las formas de ensamble entre los componentes de esta y la relación entre los sistemas que componen la edificación.

Durante el proceso de diseño considere las siguientes estrategias (Environmental Protection Agency, n.d.):

1. Materiales:

- Minimizar el uso de gran diversidad de tipos de materiales y el número de componentes.
- Cuando se haga necesario el uso de varios materiales o un gran número de componentes, prestar particular atención al tipo de junta que se definirá entre ellos.
- Defina materiales de construcción de alta calidad, de gran durabilidad y que conserven su valor en el tiempo.
- Evite al máximo el uso de materiales peligrosos o tóxicos, como aquellos a base de asbesto o que contienen plomo.
- Cuando su uso se haga necesario, considere implementar un sistema de identificación, como etiquetarlos, para localizarlos fácilmente e implementar las medidas de seguridad necesarias para su remoción al final de la vida útil de la edificación.

2. Ensamblajes:

- Usar el número de uniones que sea necesario y evitar el uso de aquellas que son permanentes o irreversibles, como adhesivos y pegamentos.
- En contraposición tratar de hacer uso de pernos, tornillos o uniones mecánicas y defina estas de tal forma que sean visibles y de fácil acceso.
- El diseño debe considerar permitir el acceso a los subsistemas de la edificación, como las redes, sin necesidad de dañar otros elementos del conjunto.
- La modularidad (ver numeral 4.4.3) y la prefabricación pueden ayudar a promover el reúso a gran escala, pero los elementos deben estar dimensionados bajo condiciones que permitan este reúso.

3. Sistema Constructivo:

- Procurar al máximo que los sistemas y componentes estén desarticulados entre ellos y con relación a la estructura, de tal forma que al presentarse la necesidad de remoción, cambio o reparación de uno de ellos, no se afecte a los demás, ni se incurra en daños físicos de la materialidad.
- De la misma forma, el maximizar la claridad y simplicidad en el diseño y proporcionar información como dibujos y detalles constructivos, que permitan identificar y localizar los materiales y componentes y que definan las propiedades estructurales de la edificación, ayudará en la tarea de desmonte final de la edificación.

4.4.10. Manejo de residuos de construcción y demolición (RCDs)



Justificación

El documento de Línea Base (AMVA & UPB, 2015a) describe la problemática relacionada con la generación y disposición de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs), tanto a nivel nacional como a nivel metropolitano. Una de las alternativas más viables para abordar ambas problemáticas es la transformación y aprovechamiento de los RCDs para convertirlos nuevamente en materiales. De esta manera, se disminuyen tanto la demanda de recursos naturales, como la producción de residuos. Es importante realizar el balance de la relación costo – beneficio de esta alternativa, desde las fases tempranas de la Planeación Urbanística.

Dado que la implementación de esta alternativa para cada proyecto constructivo puede quedar desfavorecida por la economía de escala, uno de los principales propósitos de la “Política Pública de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá” es el desarrollo de una Estrategia Metropolitana de Materiales Sostenibles para la Construcción. Se recomienda al lector mantenerse informado sobre el avance de dicha estrategia, con el fin de complementar el análisis que se plantea a continuación.

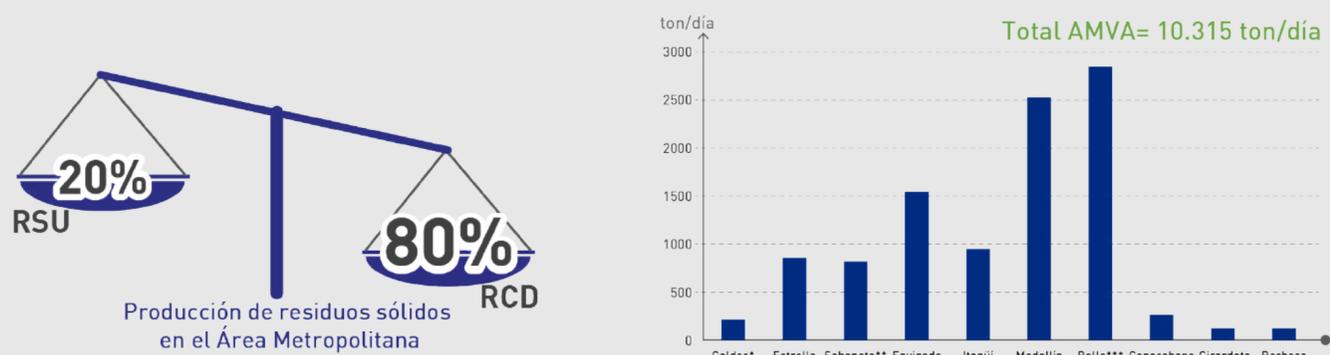


Figura 44. Estimación de la generación de Residuos de Demolición y Construcción en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá para el año 2012. Fuente: Estimación realizada a partir de proyecciones del PGIRS Regional (AMVA, 2006), ajustadas por datos de construcción reportados por el Anuario Estadístico de Antioquia (2012).

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Disminuir la intensidad de los materiales por m² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente y todos los objetivos específicos relacionados con dicho objetivo general.

Profesional (es) requerido (s)

Arquitecto, Constructor, Ingeniero y demás profesionales encargados de contactar los proveedores que suministran los materiales para la obra de construcción.



Descripción del lineamiento

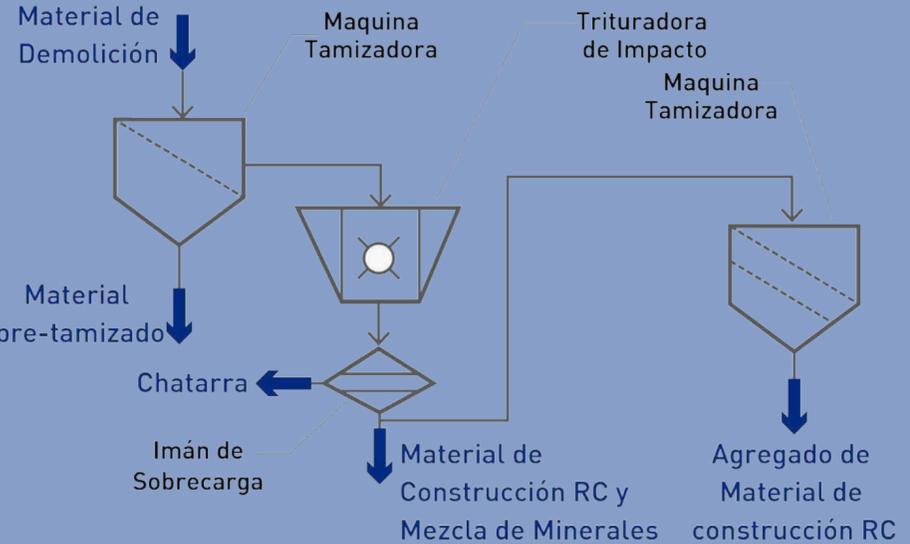
Este punto se orienta de forma más específica a la valorización de los RCDs. Respecto al manejo general de los RCDs, puede consultarse el Manual de Gestión Socio-Ambiental para Obras de Construcción (AMVA, Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, Empresas Públicas de Medellín, 2009). Para el manejo general de residuos de demolición, el numeral 4.4.9 de la presente guía proporciona lineamientos adecuados desde el concepto de deconstrucción.

La Tabla 17 presenta un ejemplo de los criterios y procesos para la definición del potencial de valorización de los residuos de hormigón, como referencia de un protocolo de análisis para una estrategia de valorización de materiales resultantes de los RCDs.

Tabla 17. Criterios para la valorización de RCDs de hormigón. Fuente: Salazar, A. (2012).

Información Consolidada RCD	
Nombre: CONCRETO	Hormigón normal según la norma DIN 1045, reforzado con acero, ladrillo, hormigón, hormigón de residuos. El hormigón se produce a partir de cemento, agregados, agua y aditivos, cuando se requieren. Se echa en el sitio en encofrado, o como bloques o elementos de hormigón.
ORIGEN	El hormigón es el material principal de los edificios más grandes en fundiciones, muros, paredes, techos y pisos construcción. También se utiliza como pavimento en las carreteras.
TIPO DE VALORIZACIÓN	Algunos concretos pueden ser reutilizados con un pequeño procesamiento principalmente en los siguientes elementos: a) los elementos prefabricados b) Bloque de hormigón (limpio de morteros y acabados)
FORMAS DE LA RECOLECCIÓN	La recolección de secciones prefabricadas y los bloques requiere de un cuidadoso desmantelamiento en la edificación. Este proceso puede demandar mucho tiempo, pero si los ahorros en los materiales son suficientemente altos, es rentable. Pueden usarse diferentes técnicas, pero todas deben proteger el material de tal forma que pueda reusarse.
Las Formas de Clasificar	
MERCADO	El mercado de hormigón reciclado es principalmente en la construcción de carreteras como capas base y el material de drenaje. Idealmente el hormigón reciclado se podría utilizar como agregado en concreto nuevo.

4.4.10. Manejo de residuos de construcción y demolición (RCDS)

<p>RECICLAJE</p>	<p>El valor de hormigón in-situ en términos de reciclaje es bajo (Berge, 2000). Este puede ser adicionado después de molido al agregado. La mayoría son ordenados y utilizados como relleno y base de carreteras. El material triturado puede sustituir la roca caliza.</p>
<p>FORMAS DE CLASIFICACIÓN</p>	 <p>Figura 45. Ejemplo de una pequeña planta de procesamiento.</p>
<p>ETAPAS DEL PROCESO DE RECICLAJE</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Reducción por la trituradora y clasificación de tamaño 2. Eliminación de los metales residuales por imán 3. Separación del hormigón procesado para utilizarlo como material de relleno como sustituto de la grava, y la estabilización de suelos 4. El acero de refuerzo separado como insumo para la producción de acero
<p>REGULACIÓN</p>	<p>Los vertederos de residuos de concreto están prohibidos en Alemania. La reutilización se rige por las especificaciones DIN y LAGA</p>
<p>PRECIO POR UNIDAD (en caso de estar disponible)</p>	

Clasificación del tipo de RCD producto obtenido de la recuperación y protocolo de control de calidad.

Cada lote o cargamento de producto recuperado debe cumplir un protocolo de control de calidad que especifique los análisis a muestreos repetitivos y composiciones de muestras representativas tanto a nivel interno como externo a la compañía. Los controles externos deben ser ejecutados por un organismo auditor de la calidad que ejecute un plan específico de auditoría. Cada lote debe ser etiquetado con las aseveraciones pertinentes en un certificado con consecutivo único. El certificado debe definir para qué tipo de uso puede aplicarse el material y sus respectivas especificaciones. De esta manera se podrán comprobar los comportamientos a largo plazo de los nuevos productos obtenidos de la recuperación y su trazabilidad, así como comparar este rendimiento vs. el de los productos convencionales. Esta gestión va más allá de una publicación de especificaciones declarada por el organismo nacional de acreditación o autoridad pertinente.

4.5. Residuos Sólidos Urbanos

4.5.1. Modelo de Gestión

4.5.1.1. Modelo existente

A continuación se describe el modelo actual de gestión de los residuos sólidos en el Valle de Aburrá, a partir de lo cual es posible identificar las problemáticas y costos de oportunidad que presenta la gestión convencional de residuos sólidos desde el punto de vista ambiental, social y económico.

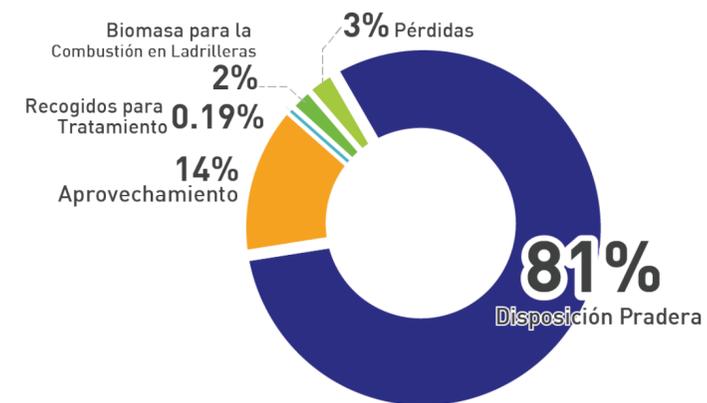
El siguiente esquema representa la gestión actual de los residuos sólidos de las edificaciones en el Valle de Aburrá.



Figura 46. Sistema de gestión actual de los residuos sólidos en el Valle de Aburrá. Fuente: elaboración propia a partir de datos del PGIRS diagnóstico 2006.

La principal problemática de este sistema de gestión radica en que no se realiza la separación de los residuos sólidos desde el origen, imposibilitando su posterior aprovechamiento. La materia orgánica, como principal componente de los residuos sólidos, propicia un ambiente húmedo que favorece los procesos de descomposición natural de los residuos, con la dilución de metales pesados y otros compuestos tóxicos, que ocasionan contaminación tanto en el material orgánico como en el material que potencialmente podría ser separado para su reciclaje y/o reúso. Por lo tanto, si los residuos sólidos no son separados desde su lugar de origen, pierden su potencial de aprovechamiento. Esta situación también se refleja negativamente

en la operación de los rellenos sanitarios, debido a que el alto porcentaje de materia orgánica que allí se almacena genera lixiviados que arrastran los productos tóxicos presentes en algunos tipos de residuos, y contaminan las aguas subterráneas, que en ocasiones se utilizan para consumo humano y riego, liberando al mismo tiempo importantes cantidades de gases de efecto invernadero.



La disposición de más del 80% de los residuos sólidos producidos por la población metropolitana en el relleno sanitario La Pradera, además de generar pérdidas económicas al desperdiciar el potencial de reúso y aprovechamiento de éstos materiales, produce elevados costos operacionales requeridos para transportar diariamente los residuos desde cada uno de los municipios hasta el municipio de Don Matías, donde se ubica actualmente el relleno sanitario.

Figura 47. Disposición final de los residuos generados en el Valle de Aburrá. Fuente: Elaboración propia con datos del PGIRS Regional 2006 (Extraída del documento de Línea Base de la PPCS VA)

Como se observa en el siguiente gráfico, la generación de los residuos sólidos en el Valle de Aburrá crece de manera lineal a través del tiempo, situación que implicará un desgaste ambiental, social y económico cada vez mayor, si se fomenta la continuidad del modelo de gestión actual.

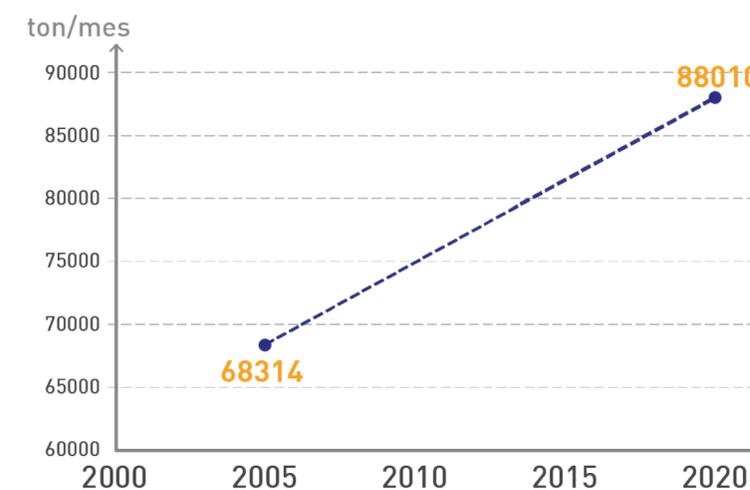


Figura 48. Generación y Proyección de los RSU en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá (sin considerar la producción de RCDs). Fuente: Elaboración propia con datos del PGIRS Regional 2006 (Extraída del documento de Línea Base de la PPCS VA).

4.5.1.2. Modelo Sostenible

Antes de implementar un modelo de gestión sostenible que permita fomentar el aprovechamiento de los residuos sólidos, es importante considerar factores de consumo, de los cuales depende en primera instancia, la cantidad y la calidad de los residuos sólidos producidos. Por ejemplo, la compra de productos que contengan sustancias tóxicas dará lugar a la producción de residuos tóxicos; así mismo, la compra de insumos desechables y no reciclables dará lugar a la producción de residuos no aprovechables y no biodegradables.

El siguiente modelo busca proporcionar información clara y concisa, para que los profesionales estén en capacidad de detectar las oportunidades que ofrece un sistema de gestión sostenible de residuos, a partir de la información suministrada, de tal forma que se implementen estrategias para reducir los impactos ambientales producidos durante la fase de operación de las edificaciones.

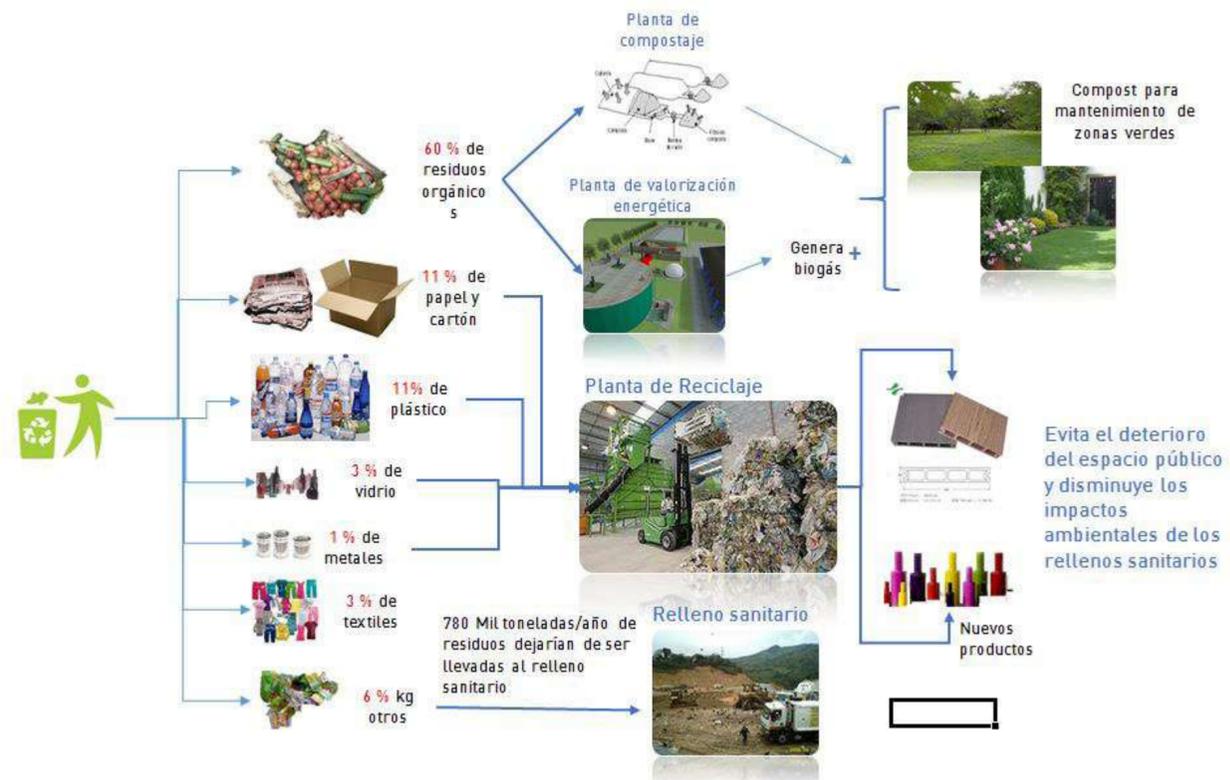


Figura 49. Modelo de gestión sostenible de los residuos sólidos del Valle de Aburrá (Elaboración propia).

De acuerdo al PGIRS Regional, el 25% de los residuos sólidos generados en el Área Metropolitana del Valle de Aburrá presentan características reciclables, el 4% podrían ser reutilizables y el 60% pertenece al material orgánico que presenta un alto valor de aprovechamiento, por lo que se identifica que cerca del 89% de los residuos producidos pueden tratarse mediante un modelo de gestión sostenible.

De acuerdo a la Figura 50, tan solo el 6% de los residuos sólidos producidos por la población metropolitana deberían ser dispuestos en el relleno sanitario La Pradera, permitiendo obtener los siguientes beneficios:

- Reducción de los impactos negativos relacionados con el sector socio-ambiental.
- Beneficios socio-económicos a partir de la comercialización de los residuos reciclables y del ahorro de fertilizantes por compostaje.
- La reducción de la tarifa de aseo que se paga mensualmente a la empresa pública municipal que presta el servicio de recolección, transporte y disposición final de estos residuos.
- Incremento en el tiempo de vida útil de los rellenos sanitarios, contribuyendo a la protección de bosques y fuentes de agua.
- Disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero causadas por la degradación natural de los residuos sólidos.
- La reducción del número de viajes contribuye al ahorro del combustible fósil necesario para el funcionamiento de los carros, a la misma vez que se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero que estas fuentes producen.

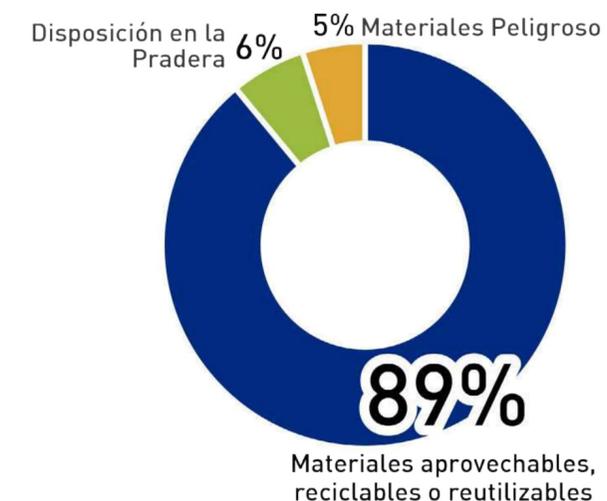


Figura 50. Disposición final que tendrían los residuos sólidos generados en el Valle de Aburrá para un modelo de gestión sostenible. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PGIRS Regional 2006.

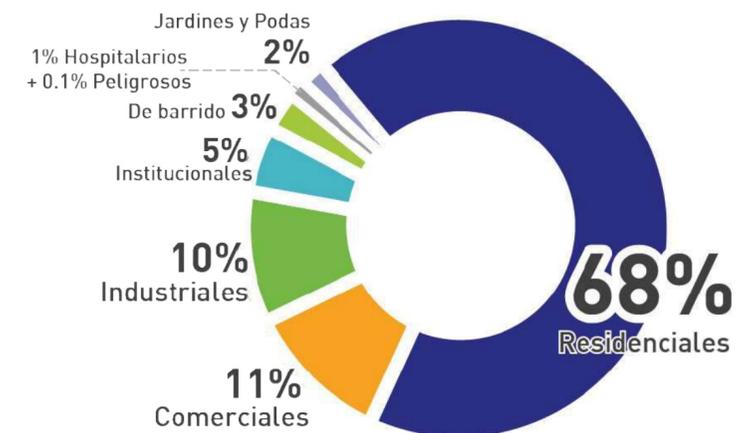


Figura 51. Origen de los residuos sólidos generados en el Valle de Aburrá. Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PGIRS regional 2006.

4.5.1.2. Modelo Sostenible

La gestión de los residuos sólidos en el Valle de Aburrá variará dependiendo de la tipología de edificación. Las características y la cantidad de residuos sólidos que se producen en una residencia no son los mismos que se producen en una industria o una institución y por lo tanto, los residuos sólidos generados y el dimensionamiento de los espacios requeridos para su almacenamiento, se determinan en función de la actividad que se desarrolle en la edificación considerada y del número de personas involucradas. Existe diversa documentación que puede ser consultada:

- Decretos 1713 de 2002 y 1140 de 2003
- Guía para el manejo integral de residuos sólidos, AMVA 2008. “Capacitación, valoración económica y diseño de guías sobre residuos sólidos para el Sector Comercial y de Servicios”.
- Norma técnica colombiana GTC 24. Gestión ambiental residuos sólidos. Guía para la separación en la fuente

Considerando que cerca del 70% de los residuos sólidos urbanos que se generan en el área Metropolitana del Valle de Aburrá son de origen residencial, como lo muestra la Figura 51, los procedimientos presentados a continuación serán realizados para esta tipología de edificación a manera de ejemplo. Sin embargo, el profesional competente deberá estudiar cada situación particular con el fin de dimensionar los espacios requeridos para la correcta gestión de los residuos sólidos en las diferentes edificaciones.

4.5.2. Cálculo de la generación de residuos sólidos

Justificación

Conocer la cantidad de residuos sólidos generados resulta fundamental para diseñar de manera adecuada los espacios necesarios que permitan almacenar temporalmente dichos residuos dentro y fuera de una edificación.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Incrementar el nivel de transformación y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.
- Incrementar el nivel de aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables.

Profesional (es) requerido (s)

Profesional con formación básica en ingeniería sanitaria o ingeniería ambiental



Descripción del lineamiento

Para conocer la cantidad de residuos sólidos que se generan en una edificación, será necesario realizar un estudio previo que considere su uso y por lo tanto las actividades que en ella se desarrollen. Esta caracterización inicial, permitirá identificar cuáles de los elementos que componen los residuos sólidos, serán producidos en mayor o menor proporción, a fin de generar un cálculo más preciso que permita dimensionar adecuadamente los espacios de almacenamiento.

Tomando como ejemplo al sector residencial, como principal generador de residuos sólidos en el Valle de Aburrá, se presenta la siguiente fórmula, con la que se podrá calcular el volumen de cada tipología de residuo generado diariamente en una vivienda:

$$V_i = \frac{ppc_i}{d_i} * nh \quad (1)$$

Donde

i = Variable que toma valores diferentes para cada tipología de residuos considerada.

V_i = Volumen de cada tipología de residuo generado diariamente en una vivienda (m³)

ppc_i = Producción per cápita (kg/hab*día)

La cantidad de residuos sólidos que produce un habitante del Valle de Aburrá y el porcentaje asociado a la composición o tipología de esos residuos, se puede consultar en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos Regional del Valle de Aburrá (PGIRS Regional, 2006), o en su versión más reciente. Estos valores varían dependiendo del municipio y del estrato socioeconómico, por lo que deberá consultarse para cada caso.

d_i = Densidad de cada tipología de residuo (kg/m³).

nh = Número de habitantes por vivienda.

Según el Plan de Gestión 2008-2011 del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2008), un apartamento ubicado dentro del área metropolitana tiene en promedio 3.8 habitantes. Sin embargo, si el diseñador cuenta con datos más precisos que permitan identificar el número de habitantes que tendrá cada apartamento, es aconsejable utilizarlos.

La suma de todos los V_i permitirá conocer el volumen total de residuos sólidos que se generarán diariamente en una vivienda promedio. Adicionalmente, es posible consultar el título F del Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS 2000.

Nota

Aunque el Área Metropolitana del Valle de Aburrá cuenta con el PGIRS regional como instrumento principal, que recopila información de todos los municipios que se encuentran en su jurisdicción, se recomienda consultar si el municipio donde se desarrollará el proyecto presenta un PGIRS, y si éste se encuentra en una versión más actualizada que el PGIRS regional.

4.5.3. Dimensionamiento de Espacios para la Separación

Justificación

La separación de los residuos sólidos desde su fuente de generación, es decir, desde el interior de las edificaciones, es fundamental para su posterior aprovechamiento. Por lo tanto, se debe considerar la inclusión, desde los diseños arquitectónicos, de espacios adecuados y que faciliten a los ciudadanos la gestión de sus residuos sólidos de una manera más eficiente.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Incrementar el nivel de transformación y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.
- Incrementar el nivel de aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables.

Profesional (es) requerido (s)

Profesional con formación básica en ingeniería sanitaria o ingeniería ambiental
Arquitecto



Descripción del lineamiento

Cada tipología de edificación presenta características particulares que definen los lineamientos técnicos que deben considerarse para diseñar las áreas de almacenamiento temporal de los residuos sólidos generados. Así, dependiendo de la dimensión de la obra, será necesario disponer de pequeñas áreas de almacenamiento distribuidas a lo largo de la edificación y de un área mayor en donde se almacenen todos los residuos provenientes de estas pequeñas áreas, hasta el momento de su recolección por la empresa prestadora del servicio público de aseo.

Retomando como ejemplo al sector residencial, como principal generador de residuos sólidos en el Valle de Aburrá, se darán lineamientos que ayuden a dimensionar el área necesaria que debe ser considerada al interior de una vivienda y el área necesaria que deberá tener un cuarto de residuos, como zona común en una edificación de vivienda multifamiliar.

Dimensionamiento del espacio al interior de una vivienda:

El área destinada para almacenar temporalmente los residuos sólidos en la vivienda deberá contar con un espacio que permita disponer como mínimo tres recipientes, lo cuales serán clasificados en 3 tipos, de acuerdo a las características de los residuos generados: orgánicos, reciclables como papel, cartón, plástico, vidrio, metales, textiles, tetra pack y cuero; y no reciclables. Para calcular el área que ocuparan los tres recipientes, se deben considerar las siguientes observaciones:

- Los residuos sólidos no son entregados diariamente a la empresa prestadora del servicio público de aseo municipal, por lo tanto, se debe considerar el número de días que estos residuos estarán almacenados en la vivienda hasta su recolección. Esto implicará un aumento en el volumen de residuos que deberán ser almacenados y se calcula multiplicando la ecuación (1), presentada en el numeral 4.5.2. de esta guía, por el número de días de almacenamiento:

$$V_i = \frac{ppc_i}{d_i} * nh * nd \quad (2)$$

Donde

nd = Número de días de almacenamiento de los residuos al interior de la vivienda (día)

$V_i = V_i$, será: $V_{orgánica}$, $V_{reciclable}$, $V_{no\ reciclable}$ (m^3)

- A partir del volumen que generan los residuos orgánicos, reciclables y no reciclables, se deben evaluar según la oferta del mercado, los recipientes que mejor se acomoden a las necesidades y volumen de cada tipo de residuo y con base en estos valores reales, determinar el área necesaria en el apartamento.

Por aspectos prácticos, el almacenamiento temporal de estos residuos generalmente se realiza en las cocinas, sin embargo, en casos donde el espacio de cocina es reducido, algunos de estos residuos pueden ser almacenados en otros espacios de la casa, tratando de conservar en la cocina el almacenamiento de los residuos orgánicos. La viabilidad de esta práctica, dependerá de un trabajo en equipo entre el ingeniero, quien realizará los cálculos respectivos, y el arquitecto quien deberá decidir dónde ubicar las áreas requeridas para dichos almacenamientos y señalar el uso de dichos espacios.



Figura 52. Definición de un área libre para la ubicación de recipientes

4.5.3. Dimensionamiento de Espacios para la Separación



Las diferentes soluciones planteadas, permiten utilizar espacios residuales de la vivienda para el almacenamiento de los residuos sólidos

Figura 53. Diferentes soluciones de recipiente©s integrados a los muebles

Dimensionamiento de los cuartos de residuos para viviendas multifamiliares:

El área destinada para almacenar temporalmente los residuos sólidos de manera colectiva en los cuartos de basura, se deberá calcular a partir de las siguientes consideraciones:

- Al cuarto de almacenamiento llegarán los residuos sólidos que se producen en las diferentes viviendas, por lo tanto, el volumen de éstos que deberá almacenarse estará dado por multiplicar la ecuación (2) por el número de viviendas involucradas.

$$V_i = \frac{ppc_i}{d_i} * nh * nd * nv \quad (3)$$

Donde

: nv = Número de viviendas que comparte el mismo cuarto de basura para el almacenamiento colectivo de los residuos sólidos.

- A partir del volumen generado por los residuos orgánicos, reciclables y no reciclables de las unidades multifamiliares, se procederá nuevamente a elegir los recipientes disponibles en el mercado que permitan almacenar dichos volúmenes y por consiguiente definir su área. Para el caso de los residuos reciclables, estará a criterio del profesional competente la consideración de utilizar uno o varios recipientes que permitan el almacenamiento de los diferentes materiales.

- En el cuarto de residuos se deberá considerar un espacio adicional para:
 - La implementación de un sistema de suministro de agua que permita realizar un lavado periódico del área de almacenamiento y de los recipientes utilizados.
 - La implementación de un gabinete que permita almacenar los elementos de aseo, como: traperas, escobas, recogedor, baldes, guantes, bolsas, entre otros.
 - La circulación y maniobra de los recipientes de almacenamiento.

De acuerdo a las consideraciones anteriores, el área del cuarto de residuos estará dada por la siguiente ecuación:

$$A_{\text{cuarto de residuos}} = A_{\text{org}} + A_{\text{nrec}} + A_{\text{rec}} + A_{\text{gab}} + A_{\text{agua}} + A_{\text{circulación}} \quad (4)$$

Donde

A_{org} : Área para el almacenamiento de los residuos orgánicos

A_{nrec} : Área para el almacenamiento de los residuos no reciclables

A_{rec} : Área para el almacenamiento de los residuos reciclables

A_{gab} : Área del gabinete

A_{agua} : Área para el sistema de suministro de agua

$A_{\text{circulación}}$: Área de circulación y maniobra

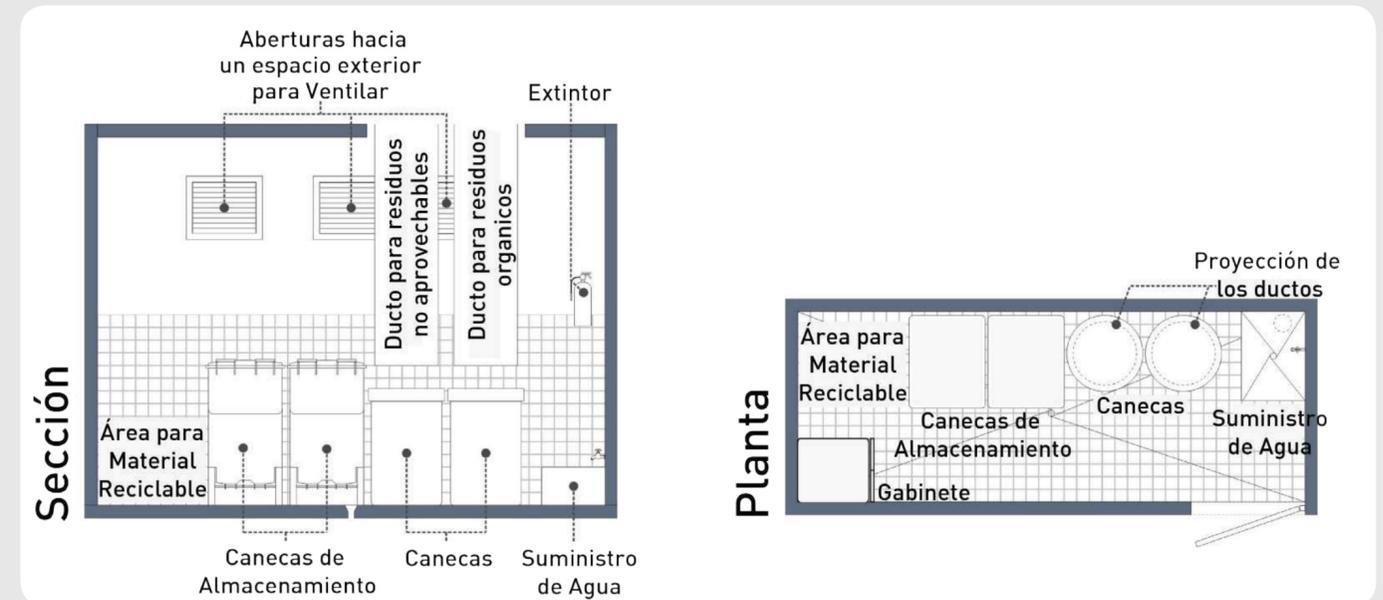


Figura 54. Representación del modelo ideal de un cuarto de basura, considerando los lineamientos técnicos del decreto 2981 de 2013

4.5.3. Dimensionamiento de Espacios para la Separación

A la fecha, la normativa nacional no presenta criterios que establezcan el área necesaria para el almacenamiento de los residuos en los cuartos de basura, sin embargo contiene algunos lineamientos técnicos que deben considerarse para el diseño de éstos. Pueden ser consultados en:

Capítulo II del Decreto 2981 de 2013

A nivel metropolitano, pueden considerarse los lineamientos técnicos que adopta el municipio de Medellín, en los artículos 306, 307, 309, 310 y 311 del Decreto 409 de 2007

El numeral 5.4 de la guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Decreto 1285 de 2015. Presenta información sobre la separación de residuos a nivel residencial.

Algunos municipios del Valle de Aburrá, como Girardota y Envigado, cuentan con acuerdos y/o decretos que establecen, de manera imprecisa, un área mínima para el almacenamiento colectivo de los residuos sólidos, generados en unidades multifamiliares, a partir de un número mínimo de viviendas. Si bien esta normativa local debe ser considerada en el municipio de interés, resulta necesario realizar siempre los cálculos pertinentes que garanticen un área de almacenamiento que se ajuste a la realidad del proyecto.

4.5.4. Aprovechamiento de la fracción biodegradable

Justificación

La fracción biodegradable contenida en los residuos sólidos que se generan en el Valle de Aburrá, presenta un alto potencial de valorización, por lo que puede ser transformada en otros productos utilizables nuevamente por los habitantes, y que igualmente producen un valor comercial adicional.

Considerando que el 60% de los residuos sólidos que se generan en el Valle de Aburrá son de origen orgánico, resulta necesario evaluar su tratamiento a partir de los siguientes tipos de aprovechamiento:

- **Compostaje:** Técnica que busca descomponer este residuo y generar un material que puede servir como mejorador de suelos o como bioabono, dependiendo del tipo de residuo que se aproveche y su grado de contaminación. Este proceso requiere instalaciones considerables dependiendo del volumen que se vaya a transformar (UPB & AMVA, 2008). Algunas de las técnicas de compostaje más usadas son:
 - Compostaje en hilera
 - Pila estática aireada
 - Sistemas de compostaje en reactor
- **Biodigestión:** Esta técnica permite recuperar la energía que contiene la materia orgánica, a través de su proceso de descomposición en un medio anaeróbico, obteniendo como producto final biogás, energía térmica y compost.

El proceso de Biodigestión es sin duda la mejor técnica de aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos, pues permite obtener varios productos a partir de la misma materia orgánica, incluyendo energía. Sin embargo, la implementación de este tipo de proceso resulta más costosa debido a la infraestructura y maquinaria que requiere. En el Valle de Aburrá se aplican procesos de biodigestión como parte del proceso de tratamiento de los lodos producidos por las plantas de tratamiento de aguas residuales San Fernando y Bello. La aplicación de este proceso para el aprovechamiento de residuos sólidos, todavía se encuentra en un estado experimental en la región y en el país, aunque, es un proceso ampliamente usado en países desarrollados por sus amplios beneficios ambientales, económicos y sociales.

El aprovechamiento del 60% de los residuos producidos en el Valle de Aburrá, permitirá entonces reducir los efectos negativos y los costos económicos que estos residuos acarrearán actualmente, como la generación de lixiviados, formación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), malos olores, contaminación de aguas y suelos, impactos sociales ocasionados por las actividades de recolección y transporte de estos residuos en el ambiente construido, el alto rechazo de comunidades a los rellenos sanitarios, el desperdicio de una valiosa fuente de generación de energía, entre otros.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

- Incrementar el nivel de transformación y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos.
- Incrementar el nivel de aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables.

Profesional (es) requerido (s)

Ingeniero sanitario con experiencia en manejo de residuos sólidos



Descripción del lineamiento

Se considera utilizar el compostaje como sistema de aprovechamiento para las diferentes tipologías de edificaciones del Valle de Aburrá, debido a su bajo costo de implementación y facilidad en su gestión.

Inicialmente se deberá evaluar el área que este sistema requiere para su ejecución, a partir de la cantidad de materia orgánica generada en la edificación. Esta última se podrá calcular retomando la ecuación (2) del numeral 4.5.3 de la presente guía, donde “nd” para en este caso, indicará el tiempo que se requiere para la maduración del compost, variable que estará en función de la técnica de compostaje que se decida utilizar.

Posteriormente, será posible calcular el área necesaria para el desarrollo del sistema, considerando que el aprovechamiento de la materia orgánica se puede dar desde un espacio reducido como una vivienda, hasta un espacio amplio como una Industria, es decir, en cualquier tipología de edificación y a cualquier escala.

Entre las técnicas de compostaje más utilizadas, se encuentran los sistemas en pilas, siendo de mayor eficiencia las pilas estáticas aireadas, que son pequeñas montañas alargadas dispuestas sobre una red de tuberías que suministran o extraen aire frecuentemente para proporcionar un medio aeróbico. Esta técnica se puede utilizar cuando la cantidad de materia orgánica generada en la edificación supere el metro cúbico (FAO, 2013). Es posible calcular el área necesaria para su implementación, a partir de la siguiente ecuación:

4.5.4. Aprovechamiento de la fracción biodegradable

$$A_{compostaje} = \frac{V_{compostar}}{A_{pila}} \quad (5)$$

Donde

$V_{compostar}$: Volumen de materia orgánica generada en la edificación (m³)

A_{pila} : Altura de la pila de compostaje (m)

Dependiendo del área disponible que presente el proyecto a desarrollar, el profesional encargado deberá evaluar la viabilidad económica de implementar un sistema de aprovechamiento de la fracción orgánica de los residuos sólidos. En caso de ser viable, el producto final podrá ser utilizado en la misma edificación como abono de la vegetación existente o comercializado a terceros para el mismo fin. En caso de ser inviable, este material orgánico debe ser entregado a una persona natural o empresa que lo aproveche debidamente.

Los siguientes documento, de origen Internacional, nacional y/o metropolitano, contienen lineamientos técnicos sobre el diseño, construcción y operación de diferentes sistemas de compostaje y otros sistemas de aprovechamiento:

- Título F “sistemas de aseo urbano” del RAS 2000. Este documento presenta los parámetros de calidad que debe cumplir el compost como producto final, además de la descripción del proceso en sus fases diferentes fases y lineamientos que deberán ser considerados para el estudio de factibilidad económica.
- En la página web de la autoridad ambiental del Área metropolitana del Valle de Aburrá, www.metropol.gov.co es posible encontrar algunos documentos de interés:
 - Manual de compostaje: Manual de Aprovechamiento de Residuos Orgánicos a través de Sistemas de Compostaje y Lombricultura en el Valle de Aburrá
 - Manual para el manejo integral de residuos sólidos en el Valle de Aburrá
 - Guía para el manejo integral de residuos sólidos.
- En la página web de EARTHGREEN Colombia, www.earthgreen.com.co, es posible consultar las tecnologías utilizadas para sistemas autónomos de compostaje aplicados a diferentes escalas. Esta iniciativa de mercado que existe actualmente en la ciudad de Medellín, está alineada con el programa metropolitano de emprender para la vida y ofrece alternativas innovadoras para el aprovechamiento de los residuos orgánicos.
- Norma Técnica Colombiana NTC 5167 “productos para la industria agrícola. Productos orgánicos usados como abonos o fertilizantes y enmiendas o acondicionadores de suelo”
- Manual de compostaje del agricultor, experiencias en América Latina. Elaborado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO.
- La ficha número 30 “Aprovechamiento de energía proveniente de biomasa” del documento público nacional “Criterios ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana”.

4.6. Viabilidad



Percepciones y realidades sobre el costo de la construcción sostenible

Una de las principales barreras para el desarrollo de un mercado inmobiliario basado en criterios de sostenibilidad es la percepción general de que el desarrollo de proyectos sostenibles es más costoso económicamente respecto al desarrollo de un proyecto convencional (Boza-Kiss, B., Moles-Grueso, S. & Petrichenko, K, 2013).

De acuerdo con una encuesta global, la percepción que se tiene sobre el posible sobrecosto de desarrollar un proyecto sostenible oscila entre +9.0% y +29.0%. Algunas investigaciones recientes demuestran que la diferencia real se encuentra entre -0,4% a +12%, es decir que incluso es posible desarrollar un proyecto sostenible a un menor costo que un proyecto convencional (WGBC, 2013).

Cabe aclarar que: 1) los márgenes de sobrecosto en dichos estudios incluyen el valor de obtención de certificaciones internacionales, el cual oscila entre USD 5,8 y USD 11,4 (Building Green, 2010); 2) estas certificaciones no son requeridas para lograr un proyecto sostenible (Gonzalez et.al, 2012) y 3) por sí mismas, estas certificaciones no garantizan la sostenibilidad del proyecto (Schofield, 2009; 2013; Menassa et. al., 2012). Por lo tanto, se requiere desarrollar investigaciones en el medio local que permitan generar una mayor claridad a inversionistas, constructores, compradores, e incluso arrendatarios, acerca de los costos reales que implica la inclusión de criterios de sostenibilidad a la actividad constructiva y al mercado inmobiliario.

La viabilidad económica en la Política Pública de Construcción Sostenible del Valle de Aburrá

Uno de los ejes de la PPCS VA es el de la viabilidad económica. El objetivo es que todo criterio de sostenibilidad incorporado en todas las escalas, ámbitos y tipologías cumpla alguna de las condiciones que se describen en la Tabla 18.

Nivel de priorización PPCS VA	Cada criterio de sostenibilidad incluido en un proyecto debe cumplir con una de las siguientes condiciones para que sea Económicamente Viable	Ejemplo
Nivel 1	<p>No genera sobrecostos de inversión y por el contrario, puede contribuir a la reducción de costos, tanto de inversión, como de operación</p> <p>Los criterios que se incorporan en las fases de planeación y diseño no implican sobrecostos en honorarios, siempre y cuando el equipo de diseño tenga la capacidad instalada y no sea necesario contratar estos servicios en calidad de consultoría</p> <p>No obstante, los sobrecostos en honorarios por una consultoría en sostenibilidad, pueden verse compensados con menores costos en la fase de construcción. De modo que el costo neto de inversión no se ve incrementado.</p>	<p>Diseño pasivo (Guía 4, numeral 4.2.2)</p> <p>Diseño conjugado (Guía 4, numerales 4.2.3.1 y 4.2.4.1)</p> <p>Estabilización de cauces y taludes mediante Ingeniería Ecológica (Guía 3, numerales 3.5.1 y 3.5.2).</p> <p>Drenaje Urbano Sostenible (Guía 3, numeral 3.5.3)</p> <p>Todos los criterios relacionados con la caracterización del lugar y con la valoración del Paisaje</p>
Nivel 2	<p>Genera sobrecostos de inversión, que son recuperables para el usuario en la fase de operación. Pueden hacerse viables para el inversionista y/o constructor mediante una de dos vías:</p> <p>1) se generan beneficios comerciales evidentes como resultado de la inclusión de criterios de sostenibilidad: mayor precio de venta del inmueble, incremento del valor de marca, incremento de la participación en el mercado</p> <p>2) Existen incentivos de carácter fiscal (exención tributaria, incremento de la edificabilidad)</p>	<p>Captación de aguas lluvias (Guía 4, numeral 4.3.3)</p> <p>Reciclaje de aguas grises (Guía 4, numeral 4.3.5)</p> <p>Microgeneración de energía (Guía 4, numeral 4.2.5)</p> <p>Transformación y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos – RSUs (Guía 4, numeral 4.5)</p>
Nivel 3	<p>La implementación del criterio no es viable económicamente proyecto por proyecto, pero puede generar un nuevo negocio o un nuevo modelo de negocio</p>	<p>Valorización, transformación y aprovechamiento de Residuos de Demolición y Construcción – RCDs (Proyecto Metropolitano de Materiales Sostenibles)</p>

Tabla 18. Condiciones de viabilidad que deben cumplir los criterios de sostenibilidad a ser incluidos en proyectos constructivos

4.6 Viabilidad

Justificación

La incorporación de criterios de sostenibilidad implica una transformación de las formas convencionales en las que se desarrolla y opera un proyecto, lo cual también requiere una transformación de la forma en la que se costea, valora y comercializa.

Objetivo (s) de sostenibilidad relacionado (s)

Mantener una alta relación beneficio/costo en todas las estrategias tendientes a incrementar la ecoeficiencia, la habitabilidad, la resiliencia y la complejidad en el ambiente construido.

Todos los objetivos específicos dentro del eje de viabilidad

Profesional (es) requerido (s)

Se requiere la participación de un profesional con formación en arquitectura, construcción, ingeniería, administración o economía con estudios de posgrado y experiencia profesional que involucren la aplicación de instrumentos de gestión del suelo, incluyendo el reparto de cargas y beneficios

Se recomienda en todos los casos el apoyo de un profesional con formación en arquitectura, construcción, ingeniería o ciencias naturales, con formación de posgrado en desarrollo sostenible, ciencias ambientales o áreas afines y con conocimientos específicos de economía ambiental con el fin de evaluar la dimensión económica de los impactos y beneficios ambientales de las decisiones de planeación, diseño, construcción y operación de proyectos constructivos



Descripción del lineamiento

1. Consulte los instrumentos fiscales y de gestión del suelo relacionados con la Construcción Sostenible que se encuentren vigentes a nivel local

Los documentos de soporte de la Política Pública de Construcción Sostenible proponen una serie de **instrumentos de carácter fiscal, comercial y de gestión del suelo** para promover la Construcción Sostenible en el Valle de Aburrá. La creación e implementación de dichos instrumentos requiere el avance en la implementación de la Política y depende de la participación de diversos actores, entre los cuales se encuentran las administraciones municipales, las empresas prestadoras de servicios públicos, el sector financiero y el gremio de la construcción, entre otros.

Para los autores no es posible conocer con antelación cuáles de los instrumentos propuestos se encontrarán en pleno uso al momento en el que el lector esté haciendo uso de las guías. Por lo tanto, se recomienda a los desarrolladores, promotores, constructores y equipos de diseño consultar qué facilidades y beneficios fiscales y comerciales existen en el medio local que puedan ser incorporados a los análisis de viabilidad económica para diferentes criterios de construcción sostenible. Dicha información se encontrará disponible en el sitio http://www.metropol.gov.co/Construccion_Sostenible y podrá ser complementada por las administraciones municipales.

2. La sostenibilidad está al alcance de todos los presupuestos, pero los criterios son diferentes en cada caso

Como se evidencia en la tabla 5, los criterios de nivel 1 no generan sobrecostos en la ejecución del proyecto, pero generan un impacto positivo en la habitabilidad y la ecoeficiencia (AMVA & UPB, 2015b). Por lo tanto, no existen restricciones en cuanto a tipologías de proyectos para la implementación de criterios de nivel 1.

Este es un factor de viabilidad, particularmente importante en proyectos de vivienda VIS y VIP, cuyas restricciones presupuestales podrían llevar a la percepción de que en ellos no es posible incorporar criterios de sostenibilidad. Pero, los criterios de nivel 1, que no generan sobrecostos de ejecución, sino que requieren **mayor esfuerzo técnico en el proceso de diseño**, pueden ser incorporados a cualquier proyecto.

3. Realice el presupuesto con un enfoque integral

Si bien la elaboración de un presupuesto de obra requiere un despiece por precios unitarios y tenores, la evaluación de costos asociados a la inclusión de criterios de sostenibilidad es incompleta si solo se realiza por esta vía, ya que el posible sobrecosto en un ítem particular puede verse compensado, e incluso superado, por el ahorro que se genera en otro ítem. El costo neto de la sostenibilidad solamente puede ser valorado cuando se analiza el proyecto con un enfoque integral.

4.6 Viabilidad

Ejemplo de evaluación con enfoque integral

La inclusión de elementos de protección solar puede generar sobrecostos al presupuesto de ejecución de una fachada, pero esos sobrecostos pueden verse compensados, e incluso superados por el ahorro que se logra al disminuir la carga térmica de la edificación y con ello el tamaño del sistema de aire acondicionado y por lo tanto el costo de inversión en acondicionamiento térmico.

Existen diferentes métodos de análisis que permiten comprobar la rentabilidad económica del proyecto, sin embargo, resulta necesario considerar aquellos que incluyan la variable del tiempo en sus respectivos estudios, considerando que el dinero que se invierte inicialmente presentará una disminución de su valor real con el paso del tiempo, a una tasa aproximadamente similar al nivel de inflación vigente, ya que éste refleja la disminución del poder adquisitivo de la moneda. Algunas de las metodologías más utilizadas para la evaluación de un proyecto desde el punto de vista financiero son:

- Costo Anual Uniforme Equivalente.
- Valor Presente Neto.
- Tasa Interna de Retorno.
- Período de Recuperación de la Inversión.
- Costo Capitalizado.
- Relación Beneficio/Costo.

Independientemente de la metodología utilizada, todos los resultados deberán conducir a tomar idénticas decisiones económicas, por lo tanto, resulta muy importante analizar y desarrollar correctamente los cálculos matemáticos del método seleccionado. Las siguientes variables son consideradas para la aplicación de cualquiera de las metodologías expuestas, sin embargo, dependiendo del bien material o del sistema a implementar, se podrá omitir alguna de ellas:

- Costo inicial o Inversión inicial.
- Vida útil en años.
- Costo anual de operación
- Costo anual de mantenimiento
- Ingresos anuales

Además de las compensaciones en materia fiscal, es decir las reducciones monetarias obtenidas a partir de los incentivos tributarios, el analista deberá evaluar otros beneficios que pueden resultar más intangibles pero que presentan un impacto positivo que favorece el proyecto desde diferentes ángulos, como son los:

Beneficios globales; La reducción de impactos ambientales negativos por la implementación de criterios de sostenibilidad en las edificaciones, genera beneficios no solo a nivel local sino también a nivel global, pues contribuyen con la reducción de los gases de efecto invernadero (GEI) y con la conservación de los recursos naturales.

Beneficios comerciales; la construcción sostenibles es una realidad que necesariamente se está implementando de manera rápida en nuestro medio, por lo tanto, a medida que los inversionistas y ciudadanos comprenden la importancia de los impactos socio-ambientales de las edificaciones sostenibles, aumentarán sus posibilidades de comercialización. Por consiguiente, una edificación construida bajo criterios de sostenibilidad, será más atractiva no solo para los arrendatarios sino también para los compradores.

4. Tenga en cuenta el ciclo de vida

Esta recomendación se deriva de la anterior. La inclusión de un criterio de sostenibilidad puede generar un sobrecosto de inversión, pero esta es recuperable mediante una reducción de costos operativos. En estos casos se recomienda cuantificar los beneficios ambientales, sociales y económicos y calcular para estos últimos las tasas y los periodos internos de retorno con el fin de que todos los actores tengan clara la relación costo – beneficio en cada fase del ciclo de vida.

Ejemplo:

La incorporación de criterios de Nivel 2; tales como el reciclaje de aguas grises, la captación de agua lluvias, la transformación de residuos orgánicos y la microgeneración; implican sobrecostos de inversión que generan ahorros durante la fase de operación, tanto compradores como arrendatarios pueden mostrarse interesados

Para este tipo de cálculos a escala de edificación puede hacerse uso de herramientas como EDGE (Excellence in Design for Greater Efficiencies), diseñada y puesta a disposición de manera gratuita por la Corporación Financiera Internacional del Banco Mundial – IFC y que cuenta con datos para la ciudad de Medellín, con posibilidades de uso para todo el Valle de Aburrá (Figura 56).

5. Calcule el beneficio ambiental, social y económico y resáltelo

La incorporación de criterios de sostenibilidad al desarrollo de proyectos constructivos tiene como objetivo la generación de beneficios sociales y ambientales, los cuales tienen el potencial para convertirse en beneficios económicos, siempre que los diferentes actores sean conscientes al respecto. Por lo tanto, es importante calcular y resaltar siempre todos los beneficios ambientales, sociales y económicos y darlos a conocer a cada uno de los actores del mercado.

4.6 Viabilidad

Se recomienda entonces que el equipo de diseño calcule los beneficios para la **habitabilidad** (ejemplo: niveles de confort), para la **ecoeficiencia** (ejemplo: consumos de energía, agua, materiales y generación de residuos), para la **resiliencia** (ejemplo: generación de escorrentía urbana), para la **integralidad** (ejemplo: contribución a la biodiversidad o a la conectividad ecológica) y que se los dé a conocer al desarrollador, promotor o constructor. Todos estos beneficios pueden ser convertidos en valores económicos relacionados con reducciones en costos de inversión, en consumos de servicios públicos, en beneficios fiscales, en mejoramiento de la productividad y bienestar de los usuarios.

Se sugiere que el desarrollador, promotor o constructor calcule el costo económico de implementación de criterios de sostenibilidad y que haga un balance en relación con beneficios tales como el incremento en el valor de la propiedad, la disminución del impuesto predial, la reducción en el consumo de servicios públicos, etc. y se los dé a conocer, tanto al inversionista, como al futuro comprador como parte de su **estrategia comercial** (ver Figura 57 y 58).

Por su parte, el comprador recibe el beneficio de un inmueble con mayores perspectivas de valorización en el tiempo, a medida que la construcción sostenible comienza a ser cada vez más demandada por el mercado. Así mismo, tanto el Decreto Nacional 1285 de 2015, como la Política Pública de Construcción Sostenible, proponen la creación de beneficios tributarios para la Construcción Sostenible, uno de los impuestos que podría ser objeto de dichos beneficios es el impuesto predial. Todo esto sin tener en cuenta los beneficios de habitabilidad, ecoeficiencia y menores costos operativos que también obtiene el comprador cuando es usuario final del inmueble (European Commission, 2010; Sayce S. et al, 2010; RICS, 2009; EIPSS, 2011).

Cuando el comprador no es el usuario final, también puede dar a conocer los beneficios de la sostenibilidad del inmueble a sus arrendatarios y obtener, con base en estas características, un mayor canon de arrendamiento, al tiempo que el arrendatario obtiene menores costos operativos derivados de la ecoeficiencia del inmueble. En edificaciones de oficinas, el arrendatario también obtiene una mayor productividad de sus empleados como resultado de condiciones mejoradas de habitabilidad, e incluso puede hacer uso de la información relacionada con el inmueble en sus **reportes de sostenibilidad y responsabilidad social**. Este modelo de negocio ya ha sido puesto en marcha en Europa, Australia y Norteamérica bajo el concepto de "Green lease" y ya se encuentra reglamentado en estas regiones (CMS Legal Services, 2013; US. General Services Administration, 2013; COAG, 2012).

En proyectos de carácter público, donde el inversionista es el Estado, se recomienda que la relación entre costos y beneficios ambientales, sociales y económicos se haga explícita en todos los medios a través de los cuales se hace la **rendición pública de cuentas** y que se estime su impacto positivo en los indicadores ambientales y de calidad de vida, tanto a nivel municipal como metropolitano. Esto aplica a todo tipo de proyectos públicos, incluyendo planes parciales, equipamientos y espacio público.

En este sentido, algunos estudios han demostrado que el arbolado urbano de una ciudad puede alcanzar valores que varían entre US \$ 15 a US \$ 122 millones anuales representados en la reducción de consumos de energía eléctrica, la mitigación de la contaminación y la regulación hídrica (Killy, Brack et al. 2008). Un árbol de tamaño mediano (< 7 m de altura) puede generar un beneficio bruto anual de entre US \$ 171 y US \$ 424 por año (Killicoat, Puzio et al. 2002; Stringer 2007; Brindal & Stringer 2009).

El ahorro de energía eléctrica por efecto del control microclimático, el mejoramiento de la calidad del aire y el mejoramiento de la calidad del agua reportan beneficios netos que pueden ascender a \$ US 6,2 millones de dólares al año para una ciudad con un área urbana similar a la del Valle de Aburrá, como lo es Filadelfia (U.S. EPA, 2014)

La aplicación de principios de ingeniería ecológica puede reducir hasta en un 60% el costo económico de la inversión requerida para la estabilización de taludes y cauces, proporcionando beneficios adicionales como el control de la escorrentía, mejoramiento de la calidad del aire, secuestro de carbono, entre otros. Adicionalmente, la incorporación de componentes vivos permite a las estructuras basadas en ingeniería ecológica automantenerse y autorepararse. Como resultado la estabilización de suelos y cauces mediante estas técnicas genera un rendimiento de hasta 2,41 dólares por cada 1,00 dólar invertido (TRAC, 2001).

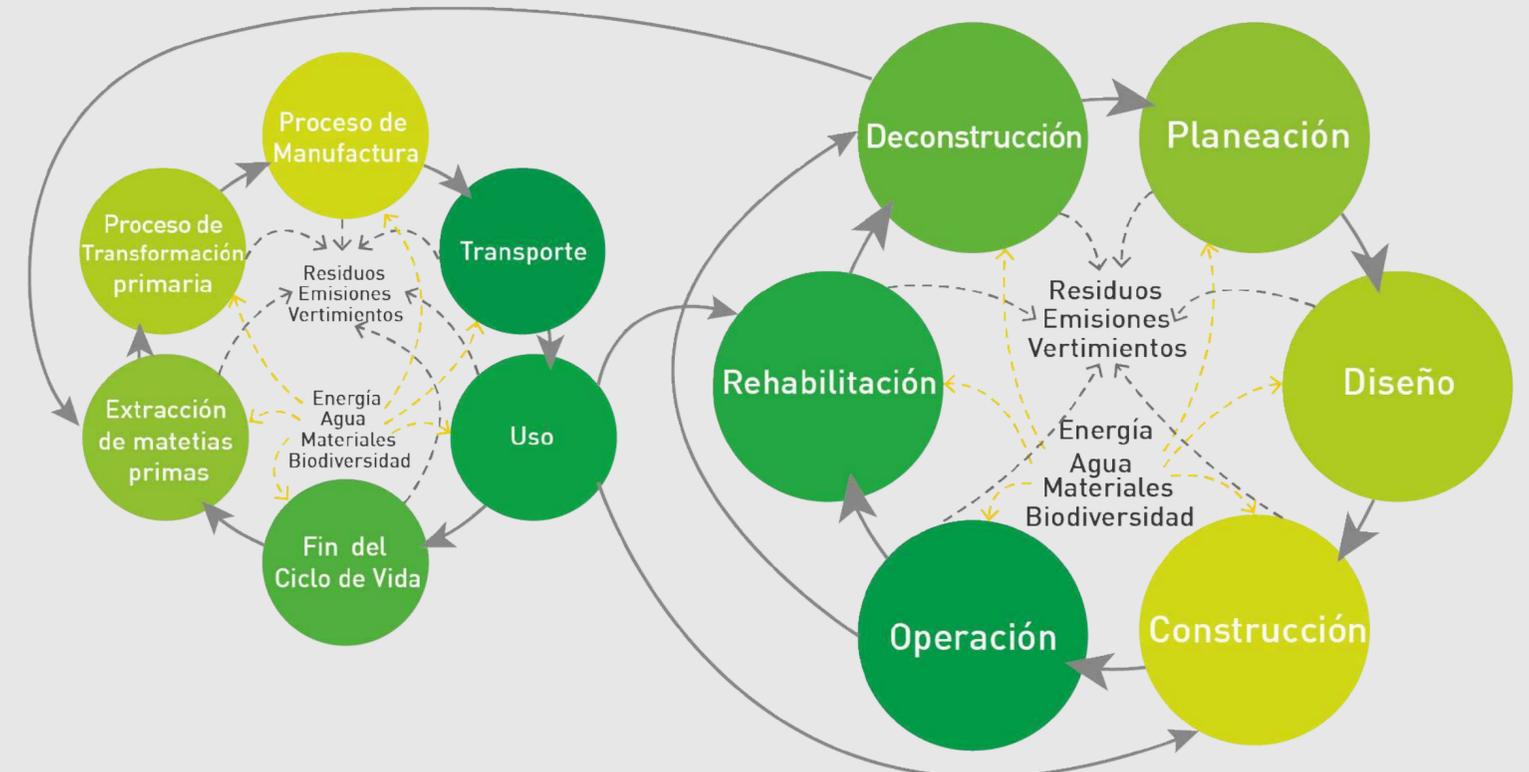


Figura 55. Ciclo de Vida del proyecto constructivo. Fuente: AMVA & UPB (2015)

4.6 Viabilidad

Figura 56. Herramienta on-line de carácter gratuito para el cálculo de beneficios económicos derivados de la ecoeficiencia. EDGE. Fuente: IFC (2014)

La plataforma está diseñada para apoyar decisiones de diseño de edificaciones sostenibles, permitiendo análisis de viabilidad económica basadas en la reducción de gastos operativos e impactos ambientales. Con base en insumos de información suministrados por el usuario del software y la selección de criterios de sostenibilidad, EDGE proyecta ahorros operativos y emisiones de carbono evitadas. Puede ser usado para viviendas, hospitales, oficinas y hoteles.

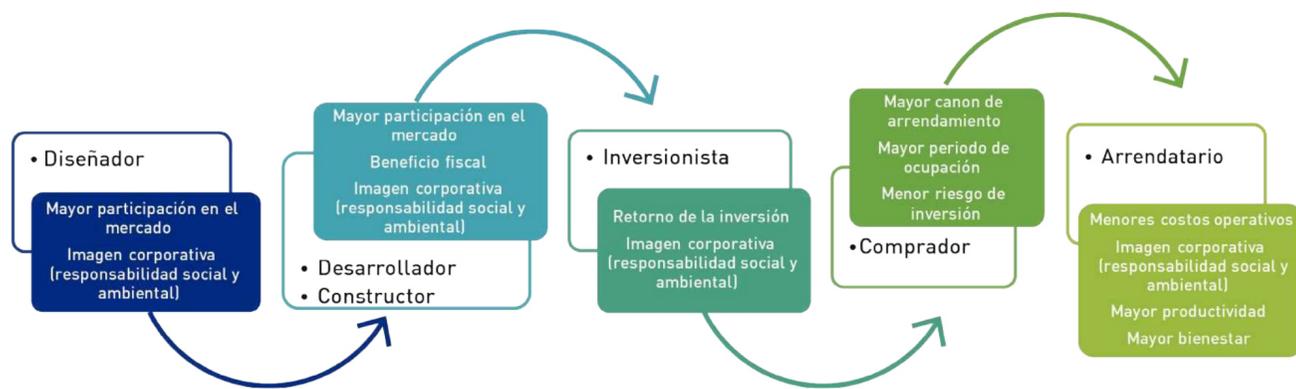


Figura 57. Transferencia de beneficios a lo largo del ciclo de vida el proyecto

Figura 58. La sostenibilidad como estrategia comercial. Caso Ciudad Santa Bárbara. Palmira – Valle del Cauca. Fuente: Constructora Gamatelo.

Disponible en: <http://ciudadsantabarbara.com/nuestra-ciudad/filosofia-de-sostenibilidad>
 La Universidad Pontificia Bolivariana en alianza con la Gamatelo, la asesoría en sostenibilidad de PVG Arquitectos y MARES Consultoría Sostenible y el apoyo arquitectónico de OPUS S.A.S. plantearon una serie de criterios de sostenibilidad a nivel de Plan Maestro para el desarrollo urbanístico de Ciudad Santa Bárbara. La metodología y resultados de este proceso se ilustran en el documento “Proyectar con la Naturaleza”, disponible en: http://www.opusestudio.com/files/6214/1055/5150/PLAN_MAESTRO_CIUAD_SANTA_BARBARA.pdf

Actualmente el promotor está realizando la comercialización del proyecto resaltando sus criterios de sostenibilidad como parte de su estrategia comercial.

Referencias

Aitcin Pierre-Claude (2000). Cements of yesterday and today. Concrete of tomorrow, Cement & Concrete Research Issue No. 9, Vol. 30, pp: 1349-1359

AMVA & UPB (2008). Guía para el manejo integral de residuos. Medellín.

AMVA & UPB (2015). Política Pública de Construcción Sostenible del Valle de Aburrá. Lineamientos. "AMVA (2006). Directrices Metropolitanas de Ordenamiento Territorial, Hacia una Región de Ciudades. Disponible en: <http://www.metropol.gov.co/Planeacion/Paginas/Directrices.aspx>"

AMVA, & UPB. (2015). Documento de Línea Base para la elaboración de una Política Pública de Construcción Sostenible para el Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Medellín.

AMVA, Secretaría de Medio Ambiente de Medellín, Empresas Públicas de Medellín (2009). Manual de Gestión Socio-Ambiental para Obras de Construcción

AMVA, Universidad de Antioquia, CORANTIOQUIA & AINSA. (2006). Formulación del plan de gestión integral de residuos sólidos regional del Valle de Aburrá - PGIRS 2006."

ASHRAE American Society of Heating Refrigerating and Airconditioning Engineers. ASHRAE STANDARD 55. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy (2010).

ASTM. (1978). ASTM C618 - 78. "Standard Specification for Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Pozzolan For Use As A Mineral Admixture In Portland Cement Concrete." Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials.

ASTM. (2012). ASTM C1602 / C1602M - 12. Standard Specification for Mixing Water Used in the Production of Hydraulic Cement Concrete. West Conshohocken, PA: ASTM International. http://doi.org/10.1520/C1602_C1602M-12

Berge, B. (2000). The Ecology of Building Materials. Journal of Chemical Information and Modeling (Second Edi, Vol. 53). Oxford: Architectural Press, Elsevier. <http://doi.org/10.1017/CB09781107415324.004>

Bittencourt, L., & Cândido, C. (2010). Ventilação Natural Em Edificações. Rio de Janeiro - RJ: PROCEL EDIFICA - EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES.

BOZA-KISS B., MOLES-GRUESO S. & PETRICHENKO K (2013). "Handbook of Sustainable Building Policies. Composing Building Blocks". Eds: Tatiana de Feraudy, Tess Cieux. United Nations Environment Programme. [ref. de 09 de Octubre de 2015]. Disponible en Internet: <http://www.unep.org/sustaina->

[blebuildingpolicies](#).

Building and Construction Authority. (2000). Modular Coordination. Singapore. Retrieved from http://www.bca.gov.sg/Publications/BuildabilitySeries/buildability_series_publications.html#mcc

Building green (2010). The Cost of LEED Certification. Disponible en: <https://www2.buildinggreen.com/article/cost-lead-certification>

CAMACOL (2012). La construcción sostenible en Colombia, presente y futuro. Informe Económico No. 40. Octubre 2012. ISSN 2011 - 7442. Disponible en: http://camacol.co/sites/default/files/secciones_internas/Informe%20Econ%20mico%20Oct2012-No%2040.pdf

Carrión Isbert, A. (1998). Diseño acústico de espacios arquitectónicos (Primera). Barcelona: Edicions UPC.

Carrión Isbert, A. (2001). Diseño Acústico de Espacios Arquitectónicos. Barcelona, España: Alfaomega. CEPIS (2004). Guía de diseño para captación de agua lluvia.

Chartered Instituted of Ergonomics & Human Factors. (n.d.). What is Ergonomics? Retrieved May 20, 2005, from <http://www.ergonomics.org.uk/learning/what-ergonomics/>

CIB, & The International Modular Group. (1984). The Principles of Modular Co-ordination in Buildings. Dublin. Retrieved from <http://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB14487.pdf>

CMS Legal Services (2013). The CMS e-guide Green Lease Clauses in Europe - A practical approach. Disponible en: <https://eguides.cmslegal.com/greenleaseclauses>

COAG (2012). The Green lease Handbook. Council of Australian Governments. National Strategy on Energy Efficiency.

Congreso de Colombia. (1997). Ley 373 de 1997. "Por la cual se establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua". Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=342>

Departamento Administrativo de Planeación, & Gobernación de Antioquia. (2012). Anuario Estadístico de Antioquia. Retrieved from <http://antioquia.gov.co/PDF2/anuarios/2012/>

EIPSS (2011). Sustainability and its effect on UK commercial property prices. In Energy in Buildings.

Referencias

World Energy. October 2011. Disponible en: http://www.andrew-cooper.com/pdfs/Sustainability_commercial_property_prices.pdf

Environmental Protection Agency. (n.d.). Design for deconstruction.

EPM. (2014). Información Consumo de Energía y Gas. Medellín.

European Commission (2010). Property valuation, Linking energy efficiency of buildings and property valuation practice (IMMOVALUE). Intelligent Energy Europe. Disponible en: <https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/en/projects/immovalue>

FAO (2013). Manual de Compostaje del Agricultor, experiencias en América Latina.

“GARCEN, L. Ardohain, C. 2000, Bioconstrucción -Materiales Contaminantes en las Construcciones, <http://www.geoambiental.com.ar/contam.htm>”

Gatley, D. (2004). Psychrometric Chart Celebrates th 100 Anniversary. ASHRAE Journal, 46(November), 16–20.

Gonzalez A, Penagos G, Isaza J. LEED Certification in Colombia at the edge between sustainable design and Greenwash. 28th International PLEA Conference. Opportunities, Limits & Needs. Nov 7 – 9, 2012. Lima, Peru

González Castaño, A. (2007). Avaliação e calibração de um céu artificial para estudos de iluminação natural com modelos físicos em escala reduzida. Universidade Federal de Santa Catarina.

ICONTEC. (1981). La NTC 45. Ingeniería civil y Arquitectura. Coordinación modular de la construcción. Bases, definiciones y condiciones generales. Bogotá.

ICONTEC. (1993). Norma Técnica Colombiana NTC 3521. Descripción y Medición del Ruido Ambiental. Aplicación de los Límites de Ruido. Bogotá.

ICONTEC. (1995). NTC 579. “Ingeniería Civil y Arquitectura. Método para determinar el efecto de las impurezas orgánicas en los agregados finos sobre la resistencia del mortero.” Bogotá D.C.: ICONTEC.

ICONTEC. (2000). NTC 127. Concretos. Método de ensayo para determinar las impurezas orgánicas en agregado fino para concreto. Bogotá D.C.: ICONTEC.

ICONTEC. (2001). NTC 3459. “Concretos. Agua para la elaboración de concreto.” Bogotá D.C.: ICONTEC.

ICONTEC. (2003). NTC 2240. “Concretos. Agregados usados en morteros de mampostería.” Bogotá D.C.: ICONTEC.

ICONTEC. (2004). NTC 1500. Código Colombiano de Fontanería. Bogotá D.C.: ICONTEC.

ICONTEC. (2009). NTC 4143. Accesibilidad de las Personas al Medio Físico. Edificios y Espacios Urbanos. Rampas fijas adecuadas y básicas. Bogotá: ICONTEC.

IDEAM (1999). Información Aeronáutica. Régimen anual de viento: Medellín, IDEAM I, Programa de Meteorología Aeronáutica del IDEAM, 1999

IDEAM, & UPME. (2005). Atlas de Radición Solar de Colombia. Retrieved May 1, 2015, from <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/radiacion>

IFC (2014). Excellence in Design for Greater Efficiencies. Disponible en: http://www.ifc.org/wps/wcm/connect/topics_ext_content/ifc_external_corporate_site/edge

Instituto Colombiano del Deporte - COLDEPORTES, Comité Paralímpico Colombiano - CPC, Asociación Colombiana de Universidades - ASCUN, & Federación Colombiana de Organizaciones de Personas con Discapacidad Física “FECODIF” (Eds.). (2009). Guía de diseño accesible y universal. Instituto Colombiano del Deporte - COLDEPORTES (Vol. 1). Bogotá: Ascopar y Impresos J.E.

Integrated Waste Management Board. (2001). Deconstruction Training Manual. Waste Management Reuse and Recycling at Mather Field. <http://www.calrecycle.ca.gov/>. Sacramento.

International Consultant Team. (2013). Green Building Code Colombia. 6th Report, Compilation Report. Bogotá.

INTERNATIONAL WATER ASSOCIATION. Water 21, disponible en <http://www.iwahq.org>

ISO 15686, 2000. Buildings and constructed assets. Service life planning, part 1, 2011.

Lamberts, R., Dutra, L., & Pereira, F. O. R. (2004). Eficiência Energética na Arquitetura (2da Edição). São Paulo, Brasil: PRO Livros.

Limb, M. (1992). Air Infiltration and Ventilation Glossary. (International Energy Agency, Ed.) Technical Note AIVC (Vol. 36). Coventry - Great Britain. Retrieved from http://www.aivc.org/medias/pdf/Free_technotes/TN36_GLOSSARY_2ND_EDITION.PDF

Referencias

Livingston, D., & Jackson, M. (2001). Building a Deconstruction Company. A training manual for facilitators and entrepreneurs. Washington, D.C.: Institute for Local Self-Reliance.

MADS & CNPMLTA (2012). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible; Centro Nacional de Producción más Limpia y Tecnologías Ambientales. Guía conceptual y metodológica de compras públicas sostenibles.

MADS (2010). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Política Nacional de Producción y Consumo. Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva, 2010.

MADS (2012). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Criterios Ambientales para el diseño y construcción de vivienda urbana, 2012.

Martirena, J.F. (2006). Introducción a los materiales cementicios avanzados, CIDEM, Universidad Central de las Villas. Cuba.

MAVDT (2010). Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.

MAVDT. (2009). Resolución 2320 de 2009. "Por la cual se modifica parcialmente la Resolución número 1096 de 2000 que adopta el Reglamento Técnico para el sector de Agua Potable y Saneamiento Básico -RAS-". Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38487>

MAZRIA, Edward. Home Page. 2002-2008. <http://www.mazria.com/>

Medina Restrepo, C. A. (2013). Concreto confeccionado con aguas lluvias. Institución Universitaria Colegio Mayor de Antioquia.

Menassa et. Al (2012). Energy Consumption Evaluation of U.S. Navy LEED-Certified Buildings. Volume 26, Issue 1 (February 2012)

Metrocuadrado (2015). Cuál es la diferencia entre el avalúo comercial y el avalúo catastral. <http://www.metrocuadrado.com/noticias/guia-de-propiedad-horizontal/cual-es-la-diferencia-entre-el-avaluo-comercial-y-el-avaluo-catastral>

Middendorf, B. (2007). Universitaet Dortmund, Dortmund, Germany.

Ministerio de Ambiente, V. y D. T. Resolución 0627 de 2006, por la cual se establece la norma nacional

de emisión de ruido y ruido ambiental. (2006). Colombia.

Ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente, NSR-10. Título H. Bogotá D.C.

Ministerio de Minas y Energía. (2010). Resolución no. 180540 de 2010. Reglamento tecnico de iluminacion y alumbrado publico - RETILAP. Bogotá: República de Colombia. Retrieved from <http://www.min-minas.gov.co/documents/10180//23517//20729-7853.pdf>

Ministerio de Minas y Energía. (2013). Resolución no. 90708. Por la cual se expide el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE. Bogotá: República de Colombia.

Ministerio de Vivienda Ciudad y Territorio. (2015). Anexo Técnico. Guía de Construcción Sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones. Bogotá.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, Viceministerio de Agua y Saneamiento Básico (2010). Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS. Título B, Sistema de Acueducto. Bogotá D.C.

MME - Ministério de Minas e Energia. (2015). Decreto 2143 de 2015. "Por el cual se adiciona el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo de Minas y Energía, 1073 de 2015, en lo relacionado con la definición de los lineamientos para la aplicación de los incentivos establecidos en el Capít. Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from http://www.upme.gov.co/Normatividad/NormatividadSectorial/DECRETO_2143_04_NOVIEMBRE_2015.pdf

MVCT. (2015). Resolución no. 0549 de 2015. "Por la cual se reglamenta el Capítulo 1 del Título 7 de la parte 2, del Libro 2 del Decreto 1077 de 2015, en cuanto a los parámetros y lineamientos de construcción sostenible y se adopta la Guía para el ahorro de agua y energ. Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from <http://www.minvivienda.gov.co/ResolucionesVivienda/0549 - 2015.pdf>

NAHB Research Center. (2000). A Guide to Deconstruction. Washington, D.C.: PATH. <http://doi.org/10.1017/S1355771810000257>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura Oficina Regional para América Latina y el Caribe (2013). Santiago de Chile.

Panero, J., & Zelnik, M. (1996). Las Dimensiones Humanas en los Espacios Interiores. Estándares antropométricos. Barcelona: Gustavo Gili.

Referencias

Pengfei W (2011). How to effectively integrate sustainability into property valuation? KTH Architecture and the Built Environment. Department of Real Estate and Construction Management. Disponible en: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:458171/FULLTEXT01>

PNUD, UMPE, Ecoingeniería (2012). Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones colombianas. Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/LinkClick.aspx?fileticket=6G1VGDdWfHc%3D&tabid=90&mid=449&language=en-US>

PNUMA (2012). Programa de las Naciones Unidas Para el Medio Ambiente. Implementando compras públicas sostenibles. Introducción al enfoque del PNUMA, 2012.

Powers, T.C. (1967). Estructura física de la pasta de cemento Portland, Enciclopedia de la Química Industrial, Tomo I, La Química de los cementos, Volumen I, Ediciones Urmo, 1967, Bilbao, España

Presidencia de la República de Colombia. (1984). Decreto 1594 de 1984. "Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 09 de 1979, así como el Capítulo II del Título VI - Parte III - Libro II y el Título III de la Parte III Libro I del Decreto 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y resid. Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18617>

Presidencia de la República de Colombia. (1997). Decreto 3102 de 1997. "Por el cual se reglamenta el artículo 15 de la Ley 373 de 1997 en relación con la instalación de equipos, sistemas e implementos de bajo consumo de agua". Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from https://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/decretos/f7-dec_3102_1997.pdf

Presidencia de la República de Colombia. (2007). Decreto 1575 de 2007. "Por el cual se establece el Sistema para la Protección y Control de la Calidad del Agua para Consumo Humano ". Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from <https://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/Disponibilidad-del-recurso-hidrico/Decreto-1575-de-2007.pdf>

Presidencia de la República de Colombia. (2010). 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 disposi. Bogotá D.C.: República de Colombia. Retrieved from <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=40620>

RICS (2009). Sustainability and commercial property valuation. Valuation Information Paper 13 by the RICS Foundation. The mark of property professionalism worldwide. Disponible en: http://www.joinricsi-neurope.eu/uploads/files/sustainabilityandcommercialvaluation_2.pdf

Salazar A. (2007). Panorama de los Materiales en el ámbito de la ingeniería, Curso Materiales 4, Diseño Industrial, Universidad del Valle.

Salazar, A. (1998). Development of early age strength in concrete with addition of natural puzzolan or limestone. Proceeding of 6^o CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and natural Pozzolans in Concrete. Bangkok, Thailand.

Salazar, A. (2000). Morteros de Pega para Muros de Mampostería, Editor Facultad de Ingeniería, Universidad del Valle, Cali. ISBN: 958-670-162-X

Salazar, A. (2012). Síntesis de la Tecnología del Concreto. Una manera de entender a los materiales compuestos. 4^o edición.

Sayce S., Sundberg A., Clements B (2010). Is sustainability reflected in commercial property prices: an analysis of the evidence base .C-SCAIPE School of Surveying & Planning Kingston University January 2010. Disponible en: <http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/Sayce-S-15747.pdf>

Schofield (2013). Efficacy of LEED-certification in reducing energy consumption and greenhouse gas emission for large New York City office buildings. Energy and Buildings 67: 517 – 524

Schroeder, M. R., & Rossing, T. D. (2007). Springer Handbook of Acoustics. New York: Board.

Scofield (2009). Do LEED-certified buildings save energy? Not really...Energy and Buildings. Volume 41, Issue 12, December 2009, Pages 1386–1390

SWITCH PROJECT(2006). Sustainable Water Managment Improves Tomorrow City 's Health. Disponible en www.unesco-ihe.org

SZOKOLAY, Steven (1997). Conferencia Inaugural. En: 14th International Conference on Passive and Low Energy Architecture (17^o: 8 January 1997: Kushiuro, Japan) Editors PLEA.

UNESCO/WMO (2003). The natural Water Cycle. In Water For People Water For Life. The United Nations World Water Development Report. UNESCO.

Referencias

UNESCO-WWAP (2003). The World Water Crisis. In Water For People Water For Life. The United Nations World Water Development Report. UNESCO.

US. General Services Administration (2013). Green Lease Policies and Procedures. Disponible en: <http://www.gsa.gov/portal/content/103656>

Van der Ryn, S. and Cowan, S (1996). Ecological Design.

WGBC (2013). The business case for Green building. Disponible en: http://www.worldgbc.org/files/1513/6608/0674/Business_Case_For_Green_Building_Report_WEB_2013-04-11.pdf

Yepes O.N.& Bedoya C.M. (2014). Del bloque de suelo cemento (bsc) al bloque de suelo Geopolimerizado (bsg). Trabajo de maestría. UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MEDELLÍN, MAESTRÍA EN CONSTRUCCIÓN, MODALIDAD PROFUNDIZACIÓN, ÉNFASIS EN CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE. Disponible en: <http://www.bdigital.unal.edu.co/8561/1/43635688.2012.pdf>

Anexo 1. Objetivos de sostenibilidad para el desarrollo urbanístico y la actividad constructiva en el Valle de Aburrá

Fuente: "Linea Base para la formulación de una Política de Construcción Sostenible para el Valle de Aburrá" (AMVA & UPB, 2015a)

Habitabilidad	
Objetivo general Promover la comodidad física y mental de los usuarios en ambientes interiores y exteriores	
Atributo	Objetivo específico
Factores humanos	Atender las particularidades del lugar y de los usuarios locales principalmente.
	Disminuir la necesidad energética al aprovechar las condiciones del lugar y conocer el usuario y actividades.
	Identificar acciones para incrementar la habitabilidad de las edificaciones, sin menoscabo de su eficiencia energética.
	Evaluar las posibilidades de interacción del usuario con la edificación para modificar las condiciones de habitabilidad
	Establecer el nivel de adaptación fisiológica del usuario durante los periodos de ocupación de los espacios.
	Determinar el potencial de gestión ambiental de la edificación por participación de los usuarios.
	Garantizar que todos los usuarios, sin excepción, puedan realizar de forma cómoda y segura sus actividades, en ambientes interiores y exteriores.
	Propender por espacios armónicos diseñados integralmente, acoplados a las necesidades de los usuarios, la actividad y el tiempo de uso
	Propiciar la apropiación de los ambientes.
	Resignificar el paisaje, mediante su lectura, la valoración y comprensión del beneficio que reporta a los ciudadanos en las diversas escalas.
Confort Higrotérmico	Generar condiciones de bienestar higrotérmico en ambientes interiores y exteriores, según las actividades y tiempos de permanencia
Confort Visual	Garantizar visuales apropiadas en espacios interiores y exteriores para una correcta relación entre ambiente interior y exterior.
Confort Auditivo	Garantizar condiciones visuales apropiadas en espacios interiores y exteriores, de acuerdo con la tarea visual a realizar.
Confort Higiénico	Evitar la propagación al exterior de ruidos generados en ambientes interiores.
	Garantizar dentro del espacio condiciones adecuadas para la emisión y recepción de los sonidos, según la actividad predominante del espacio.
	Establecer condiciones de calidad del aire interior de acuerdo con usos y tiempos de permanencia en los ambientes interiores.
	Garantizar una calidad del aire apropiada para la habitabilidad humana
	Reducir la carga de contaminación atmosférica en los ambientes interiores y exteriores.

Anexo 1. Objetivos de sostenibilidad para el desarrollo urbanístico y la actividad constructiva en el Valle de Aburrá

Ecoeficiencia		
Objetivo general Reducir la incorporación de recursos naturales y la generación de impactos ambientales en el ciclo de vida de los proyectos constructivos al tiempo que se mantienen o incrementan las cualidades de resistencia y durabilidad		
Elemento		Objetivos específicos
Energía	Reducir el consumo de energía por m ² en el ciclo de vida del proyecto constructivo	<ul style="list-style-type: none"> Reducir el uso de energías no renovables Incrementar el uso de la microgeneración de energías renovables
Agua	Reducir el consumo de agua por m ² en el ciclo de vida del proyecto constructivo	<ul style="list-style-type: none"> Disminuir el consumo de agua potable en usos que no requieren dicha calidad Incrementar el nivel de aprovechamiento de las aguas lluvias Incrementar el nivel de reúso de aguas grises Disminuir la carga contaminante por vertimiento de aguas residuales al sistema hídrico natural Mantener coeficientes de escorrentía similares a los coeficientes naturales del lugar Incrementar la permeabilidad del suelo urbanizado y del suelo a urbanizar con el fin de mantener caudales equivalentes a los de la recarga natural Mantener caudales de extracción de agua subterránea por debajo de los caudales de recarga específicos Incrementar el nivel de aprovechamiento del agua subterránea que deba ser extraída para abatimiento del nivel freático
Materialidad	Disminuir la intensidad de los materiales por m ² construido, asegurando el cumplimiento con los niveles de seguridad establecidos por la normativa vigente	<ul style="list-style-type: none"> Implementar alternativas para el aprovechamiento de los Residuos derivados de la Adecuación del Suelo Incrementar el nivel de modularización de la actividad constructiva con el fin de optimizar el uso de materiales y disminuir la producción de Residuos de Construcción Implementar medidas de deconstrucción selectiva que permitan incrementar el aprovechamiento de Residuos de Demolición Incrementar el uso de materiales que cumplan con estándares ambientales nacionales establecidos por el Sello Ambiental Colombiano Implementar la separación de los diferentes tipos de Residuos de Demolición y Construcción con el fin de facilitar su transformación y aprovechamiento posterior
Residuos	Incrementar el nivel de separación y aprovechamiento de residuos sólidos urbanos	<ul style="list-style-type: none"> Incrementar el nivel de transformación y aprovechamiento de los residuos sólidos orgánicos Incrementar el nivel de aprovechamiento de los residuos sólidos reciclables
Emisiones	Reducir la generación de emisiones por m ² en el ciclo de vida del proyecto constructivo	<ul style="list-style-type: none"> Reducir la huella de carbono por m² en el ciclo de vida del proyecto constructivo Reducir la cantidad de emisiones derivadas del transporte de materiales y de residuos Reducir cantidad de emisiones derivadas de la provisión de agua y saneamiento Reducir la cantidad de emisiones derivadas del consumo de energía en edificaciones Reducir la cantidad de emisiones indirectas derivadas de la gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCDs)

Anexo 1. Objetivos de sostenibilidad para el desarrollo urbanístico y la actividad constructiva en el Valle de Aburrá

Objetivo general		Resiliencia
Reducir la vulnerabilidad e incrementar la resiliencia y adaptabilidad del ambiente construido frente a los riesgos relacionados con la variabilidad climática, incluyendo el cambio climático global		
Elemento		Objetivos específicos
Desastres naturales	Riesgo de deslizamiento	<p>Limitar la edificación de zonas con algún nivel de riesgo geológico, aun cuando sea mitigable</p> <p>Procurar la adaptación del proyecto constructivo al relieve del lugar con el fin de disminuir la intensidad de adecuación del terreno</p> <p>Mantener la funcionalidad ambiental del suelo cuando sea necesaria la intervención para su estabilización (taludes, procesos erosivos)</p>
	Riesgo de avenida torrencial	<p>Limitar la edificación de zonas con algún nivel de riesgo por avenida torrencial, aun cuando sea mitigable</p> <p>Evitar la intervención en elementos del sistema hídrico natural: nacimientos, escorrentías naturales, quebradas, humedales y sus respectivas rondas hídricas (retiros)</p> <p>Mantener o incrementar la integridad ecológica de los cauces cuando sea necesario intervenirlos para su estabilización</p>
	Riesgo de inundación	<p>Limitar la edificación de zonas con algún nivel de riesgo por inundación aun cuando sea mitigable</p> <p>Reducir la amenaza de inundación por escorrentía urbana mediante la restauración del ciclo hidrológico natural</p>
Oferta de recursos naturales	Disminución de la oferta hídrica	<p>Reducir la vulnerabilidad frente a la reducción de la oferta hídrica para el abastecimiento de agua</p> <p>Reducir la vulnerabilidad frente a la disminución de la oferta hídrica para la generación de energía hidroeléctrica</p>

Anexo 1. Objetivos de sostenibilidad para el desarrollo urbanístico y la actividad constructiva en el Valle de Aburrá

Integralidad		
Objetivo general		Promover la articulación físico-espacial y funcional de los sistemas y procesos naturales y construidos en la planeación urbanística así como en el diseño de espacios abiertos públicos y privados contribuyendo a incrementar la ecoeficiencia, la resiliencia, la habitabilidad y la viabilidad en el desarrollo de planes urbanísticos y proyectos constructivos
Elemento		Objetivo
Diversidad biológica	Constructiva	Incrementar la biodiversidad vegetal de las intervenciones en el espacio público verde así como en las áreas libres privadas a partir de la incorporación de especies nativas
	Estructural	Incorporar la estratificación de la vegetación como criterio de diseño en espacios abiertos como criterio de biodiversidad Fortalecer las estructuras ecológicas locales, municipales, metropolitanas y regionales a través del incremento de la conectividad ecológica de los elementos naturales en del espacio público y en las áreas libres privadas con elementos de las redes ecológicas existentes
	Funcional	Introducir criterios de funcionalidad geotécnica, hidrológica, microclimática, ecológica y urbanística en la planeación, el diseño y la intervención de espacios abiertos de carácter público y privado Evitar o reducir conflictos entre el componente vegetal (típicamente componente arbóreo) y los sistemas de servicios urbanos (movilidad, energía, telecomunicaciones, acueducto y alcantarillado)
Paisaje	Integración	Incorporar criterios integrados de paisaje en las intervenciones y proyectos, y por ende al bienestar de los usuarios y a la óptima articulación entre procesos naturales e intervenciones construidas.
	Proporción	Adecuar la planeación, diseño e intervención en espacios abiertos públicos y privados de acuerdo con la proporcionalidad y la temporalidad de la escala humana
	Sentido de lugar	Incorporar criterios de reconocimiento y valoración de la Identidad del lugar a los procesos de planeación urbanística e intervenciones en espacios abiertos públicos y privados
	Percepción	Incorporar criterios de percepción paisajística (forma, línea, color, textura, fragilidad, calidad, etc.) a los procesos de planeación urbanística e intervenciones en espacios abiertos públicos y privados

Anexo 1. Objetivos de sostenibilidad para el desarrollo urbanístico y la actividad constructiva en el Valle de Aburrá

Viabilidad	
Objetivo general	Mantener una alta relación beneficio/costo en todas las estrategias tendientes a incrementar la ecoeficiencia, la habitabilidad, la resiliencia y la complejidad en el ambiente construido
Atributo	Objetivo específico
Relación Costo/Beneficio	<p>Priorizar estrategias que minimicen la relación global costo/beneficio a lo largo del ciclo de vida de los proyectos</p> <p>Priorizar estrategias que minimicen la relación costo/beneficio dentro de cada fase del ciclo de vida del proyecto</p> <p>Identificar, definir y fortalecer mecanismos que permitan transferir costos y beneficios entre los diferentes actores que intervienen en las diferentes fases del ciclo de vida</p>
Riesgo	<p>Priorizar estrategias que minimicen los costos de oportunidad a lo largo del ciclo de vida de los proyectos</p> <p>Priorizar estrategias con alta tasa de retorno de inversión</p> <p>Priorizar estrategias con alto nivel de escalabilidad y replicabilidad</p>
Creación de valor	<p>Identificar y promover mecanismos de visibilización y fortalecimiento de marca, tanto de empresas, como de proyectos basados en criterios de sostenibilidad</p> <p>Identificar y promover estrategias que permitan informar a los clientes y usuarios potenciales los beneficios recibidos a través del desarrollo de proyectos sostenibles</p>
Fortalecimiento global de la economía	<p>Promover la generación y fortalecimiento de nuevos modelos de negocio basados en la inclusión de criterios de sostenibilidad en la planeación urbanística y en la actividad constructiva</p> <p>Contribuir a la generación de nuevas formas de empleos basadas en la inclusión de criterios de sostenibilidad en la planeación urbanística y en la actividad</p> <p>Promover una mayor eficiencia en el desarrollo económico al reducir sobrecostos derivados del consumo excesivo de recursos naturales, la generación de impactos ambientales y el deterioro de la salud pública entre otros</p> <p>Contribuir al fortalecimiento de la competitividad de la región, con base en la inclusión de criterios de sostenibilidad en el desarrollo urbanístico y la actividad constructiva</p>

Anexo 2

El Confort Térmico y el Clima del Área Metropolitana del Valle de Aburrá, el Diagrama de Givoni como Herramientas para toma de Decisiones.

La Psicrometría, es una sub-ciencia de la física que trata las propiedades y procesos del aire húmedo (Gatley, 2004). Así, una Carta Psicométrica, es un gráfico que relaciona las propiedades termodinámicas del aire húmedo a partir de dos de sus variables, la Temperatura y la Humedad, y sus diversas sub-variables, Temperatura de bulbo húmedo, Temperatura de bulbo seco, Humedad absoluta, Humedad relativa, entre otras, a una presión atmosférica constante.

En 1969, Baruch Givoni, arquitecto israelí, desarrolla un diagrama que superpone a la Carta Psicométrica, el cual divide esta en diferentes zonas. Estas zonas, proponen estrategias constructivas cuya aplicación facilitan la adecuación de la Arquitectura al clima local, para garantizar el confort térmico de las personas que lo habitan, de acuerdo a la relación de la temperatura y la humedad. De esta forma, conociendo el valor de las dos de las variables antes mencionadas para los principales periodos del año, y ubicándolas en la Carta, los arquitectos obtienen indicaciones fundamentales sobre la estrategia bioclimática a adoptar en el diseño arquitectónico de la edificación (Lamberts et al., 2004).

Posteriormente, tomando en cuenta que el confort térmico está estrechamente relacionado a las condiciones climáticas exteriores y a la forma como los usuarios habitan los espacios, Givoni en 1992, propone una adaptación de este diagrama, para países en vía de desarrollo, donde los límites máximos de confort fueron ampliados, considerando que las personas que habitan espacios sin acondicionamiento artificial y ventilados naturalmente, tienen una capacidad de adaptación a variaciones mayores de temperatura y velocidad del aire (Lamberts et al., 2004).

Considerando esta una herramienta de gran utilidad para el proceso de diseño, fueron realizados los diagramas de Givoni para cada uno de los municipios que componen el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, resaltando las zonas o estrategias aplicables a su contexto climático.

De acuerdo a su altitud con respecto al nivel del mar y su temperatura media, los municipios que componen el Área Metropolitana del Valle de Aburrá, son clasificados dentro de la categoría de Clima Templado. Sin embargo a lo largo y ancho del valle, las condiciones físicas y ambientales de cada uno de los municipios, generan diferencias climáticas que son importante considerar dentro de los procesos de diseño. Los municipios localizados al norte del valle, presentan un clima más cálido que los demás, mientras los localizados al sur presentan mayores precipitaciones y temperatura medias más bajas. Los municipios localizados en el centro del valle, poseen una condición climática intermedia, con relación a las dos anteriores, que presentan algunas variaciones a medida que se aumenta la altitud con respecto al nivel del mar, sobre las laderas (ver Documento técnico de soporte).

Por esta razón, los municipios estudiados fueron divididos en 3 grupos. El grupo 1, es compuesto por los municipios de Barbosa, Girardota, Copacabana y Bello, ubicados al norte del Valle. Al grupo 2, pertenecen los municipios de Medellín, Envigado, Itagüí y Sabaneta, localizados en la zona media del valle. Y finalmente, el grupo 3, es compuesto por los municipios de Caldas y la Estrella. Las figuras presentadas a continuación, ilustran el diagrama de Givoni, para cada municipio, resaltando en color, aquellas estrategias recomendadas para ser consideradas en el proyecto, desde la perspectiva del Confort Térmico.

Grupo 1

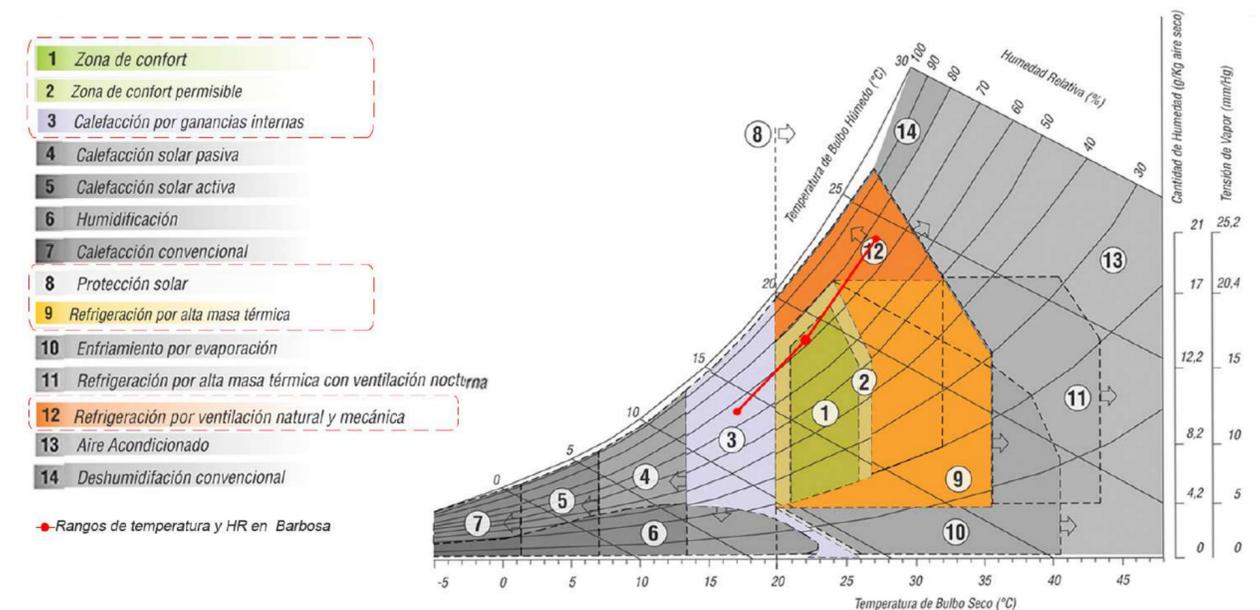


Figura A1. Diagrama de Givoni municipio de Barbosa

Anexo

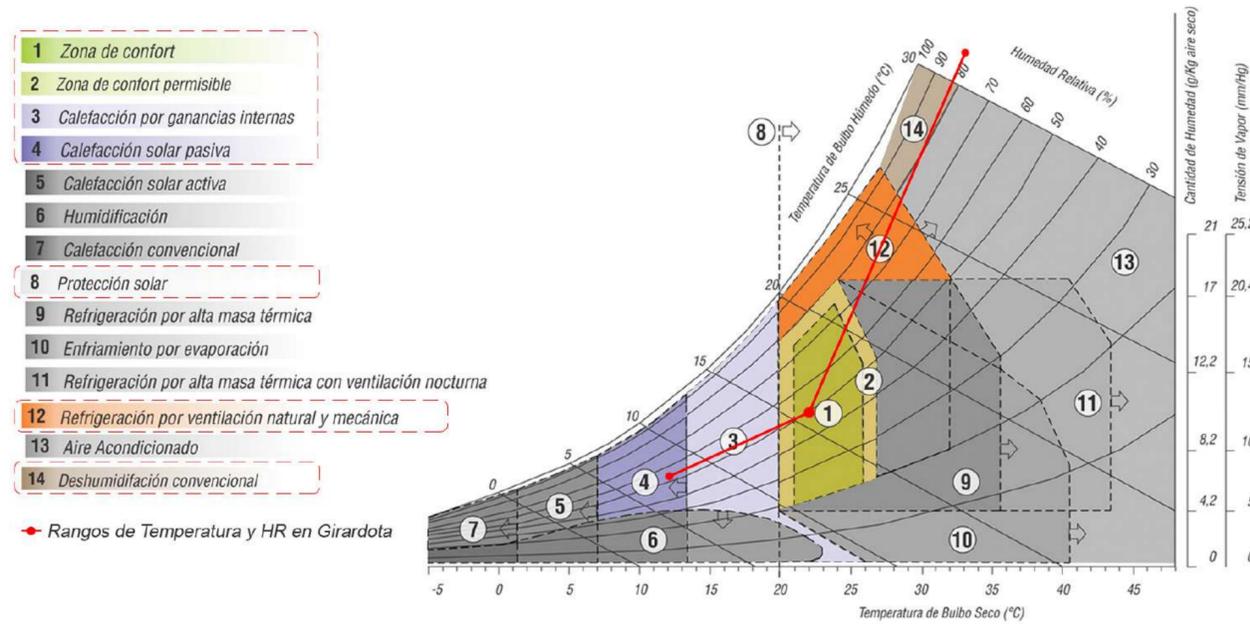


Figura A2. Diagrama de Givoni municipio de Girardota

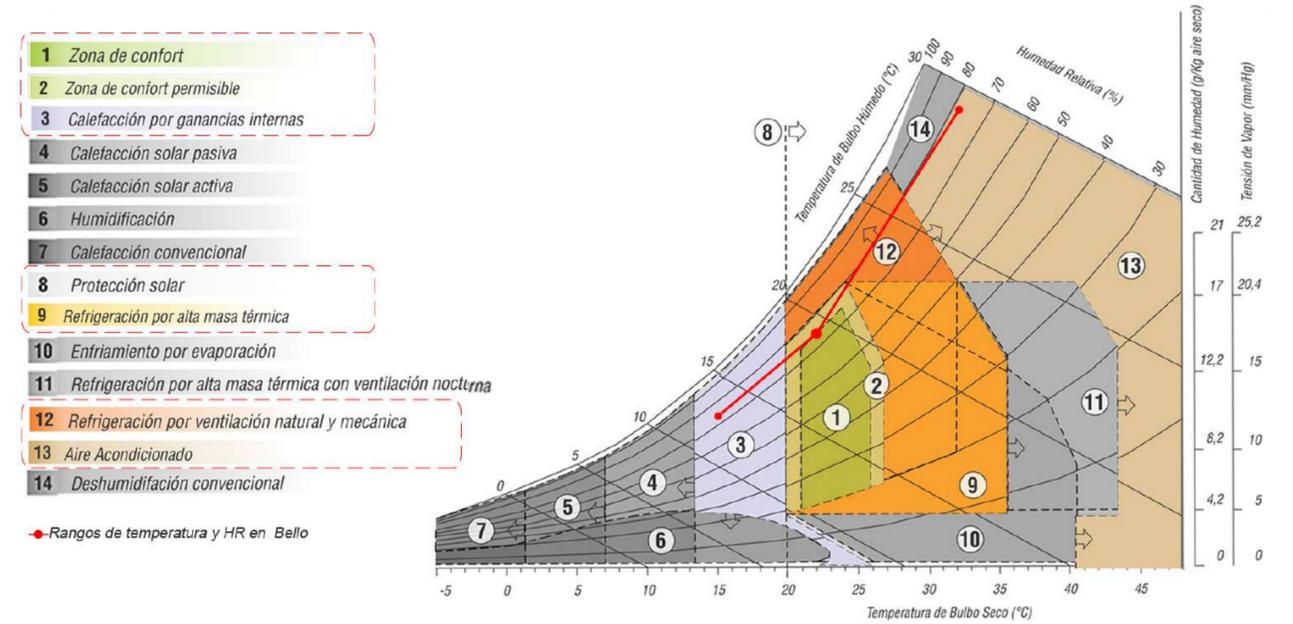


Figura A4. Diagrama de Givoni municipio de Bello

Grupo 2

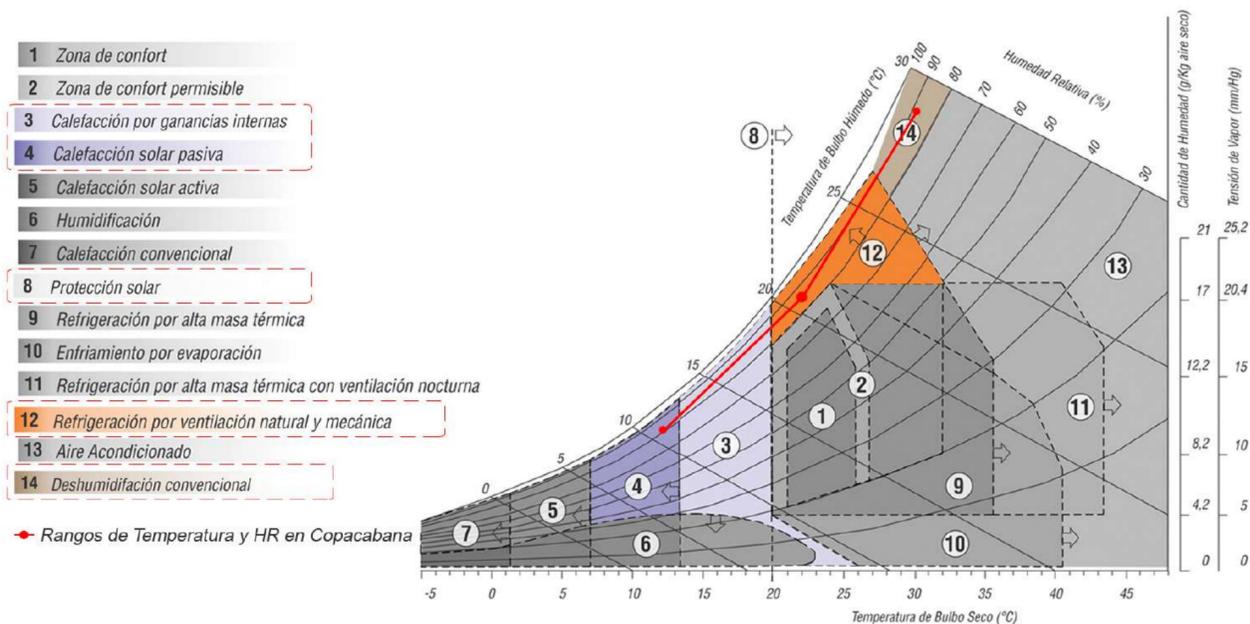


Figura A4. Diagrama de Givoni municipio de Copacabana

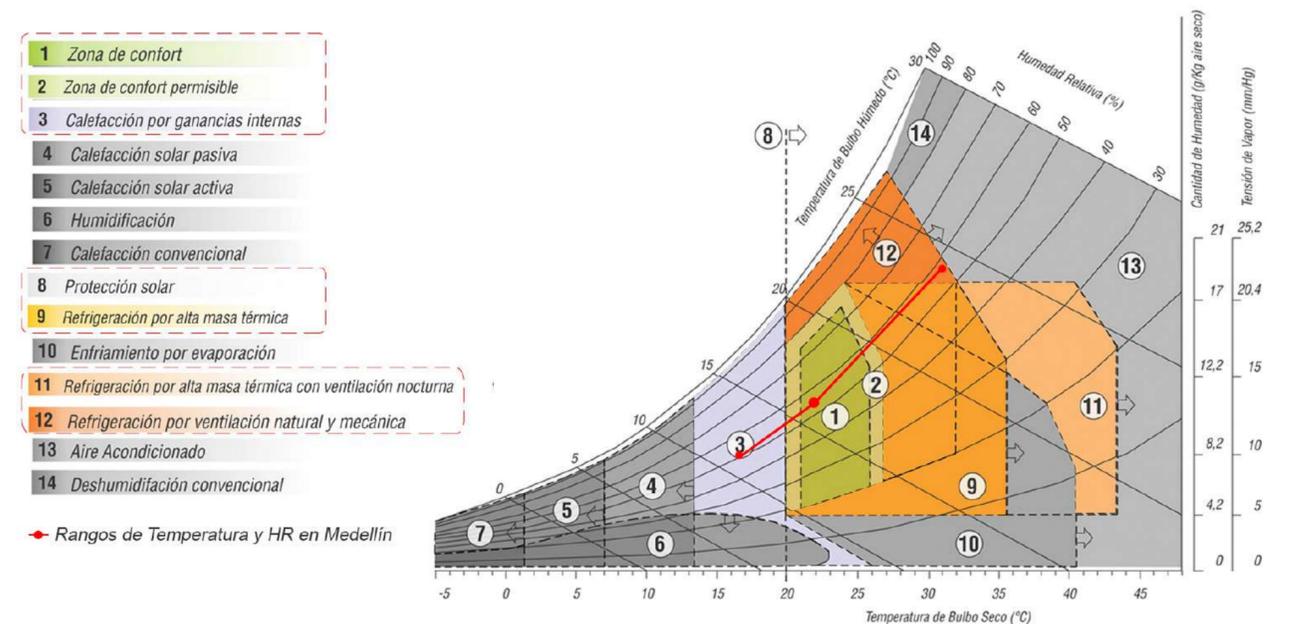


Figura A5. Diagrama de Givoni municipio de Medellín

Anexo

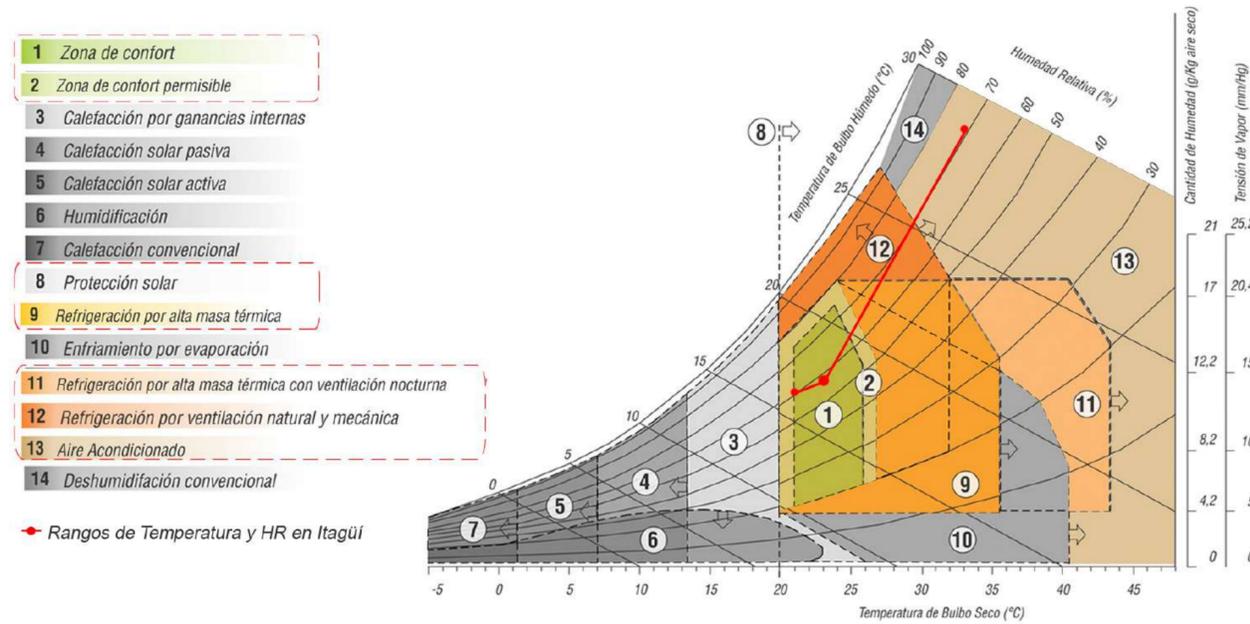


Figura A6. Diagrama de Givoni municipio de Itagüí

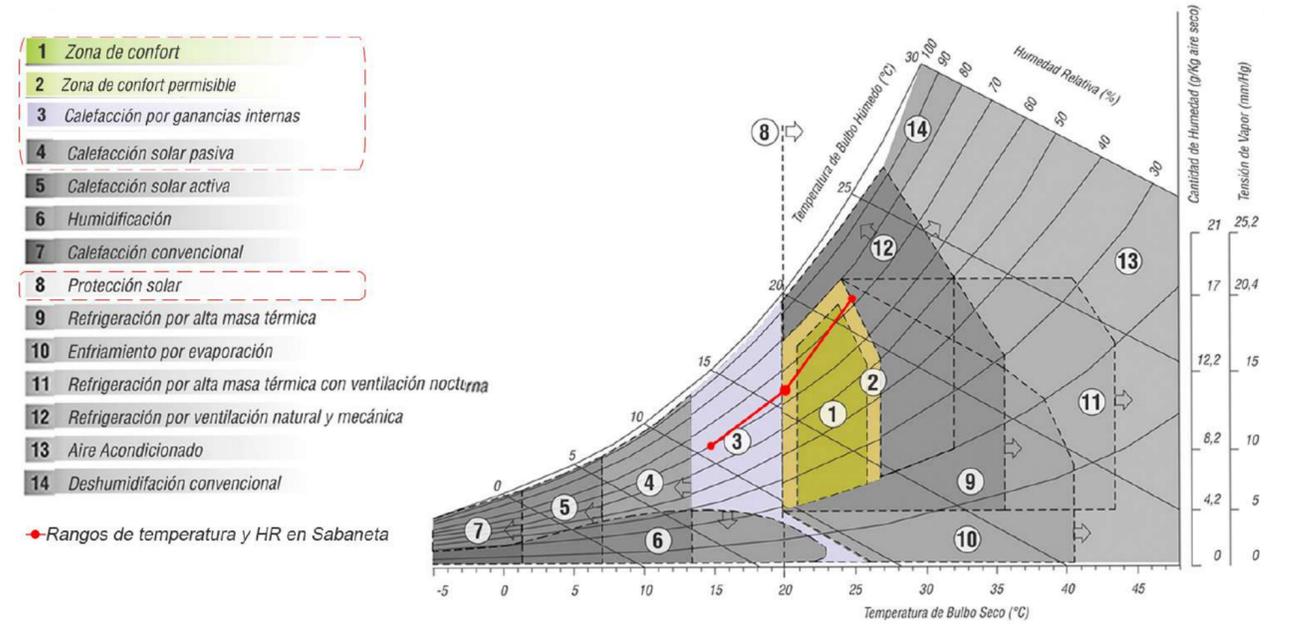


Figura A8. Diagrama de Givoni municipio de Sabaneta

Grupo 3

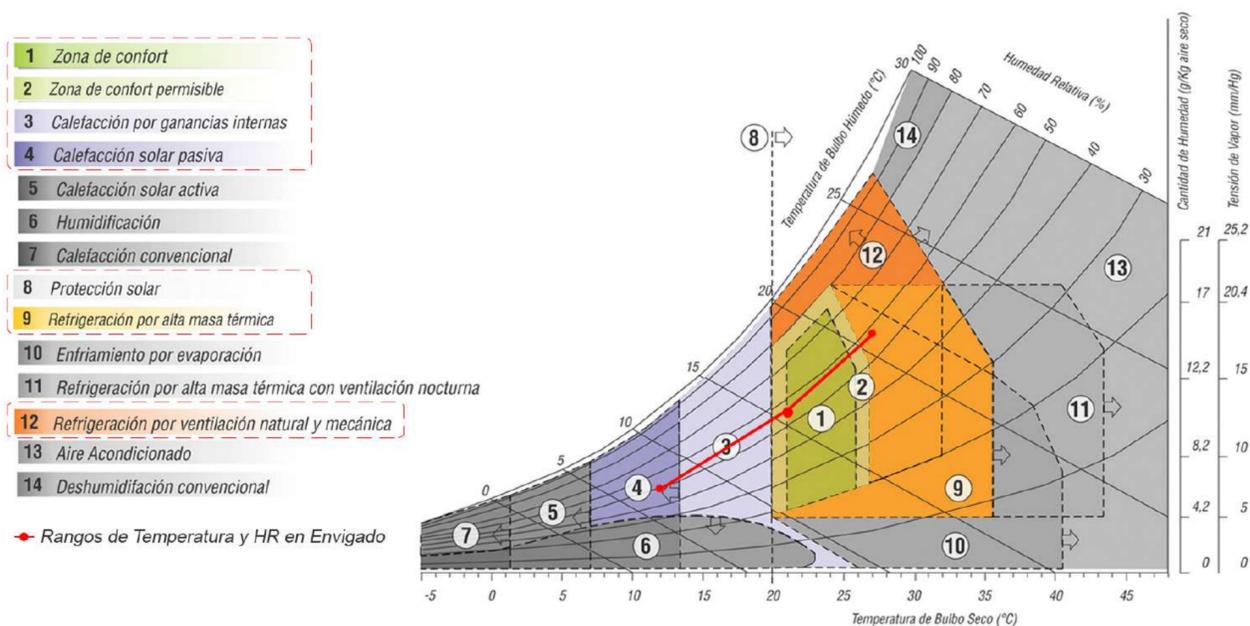


Figura A7. Diagrama de Givoni municipio de Envigado

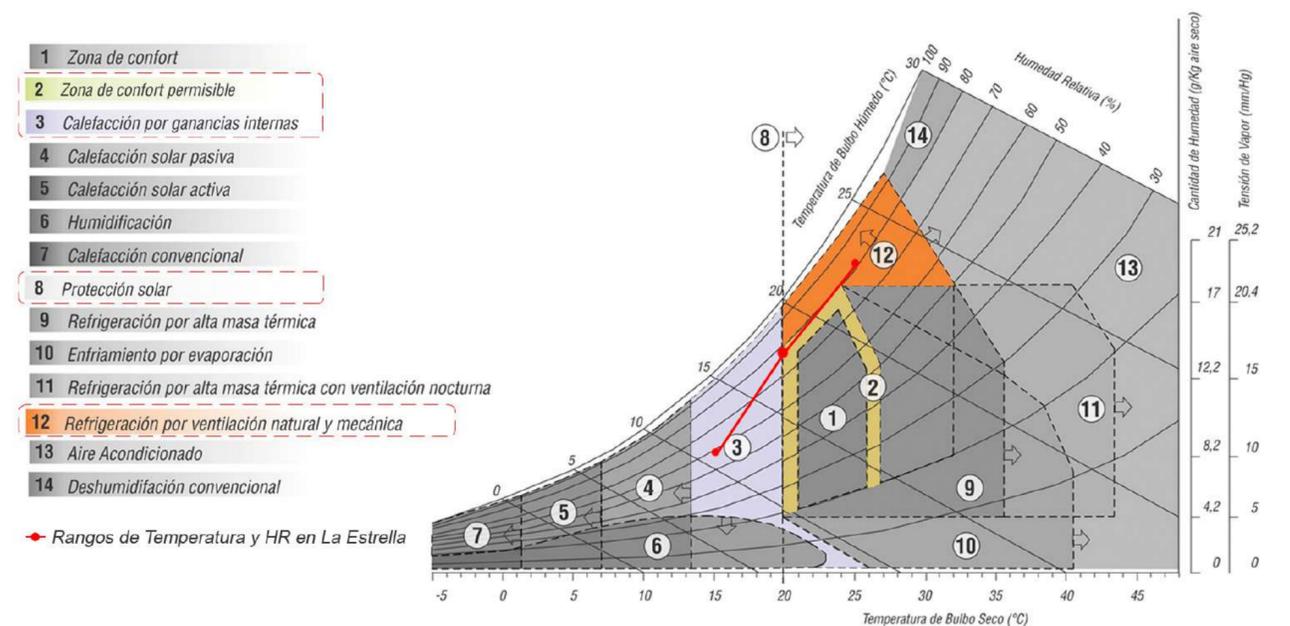


Figura A9. Diagrama de Givoni municipio de La Estrella

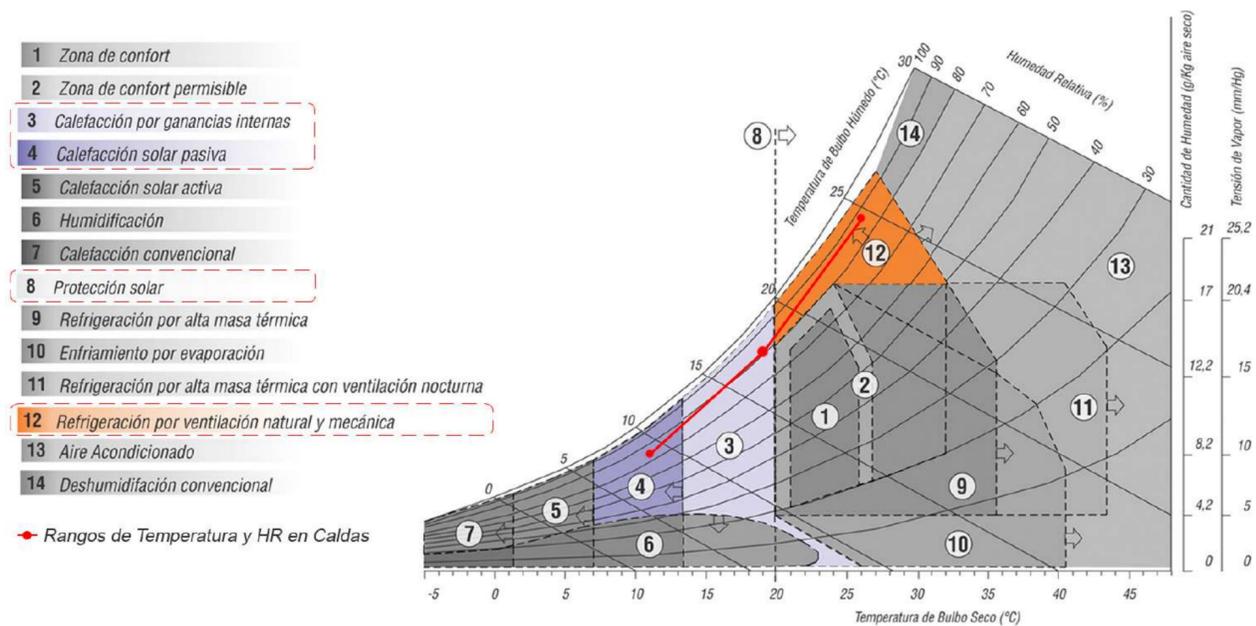


Figura A10. Diagrama de Givoni municipio de Caldas

Es importante resaltar que, cuando el proyecto este localizado en alta ladera, deben hacer se estudios climáticos de mayor profundidad, con el fin de determinar si el conjunto de estrategias propuestas por el diagrama son aplicables en esa condición particular o si debe elaborarse otro diagrama que responda a dichas características.

Guía para el diseño de
edificaciones sostenibles



Universidad
Pontificia
Bolivariana

