



**Consejo Colombiano de Construcción Sostenible
CCCS**



OBSERVATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Serie de Documentos de Investigación

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES

Bogotá, noviembre de 2015



PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES

1. INTRODUCCIÓN	6
2. DOCUMENTACIÓN	7
2.1 Plantilla de Reporte de Ventilación Natural	7
2.2 Documentos de soporte de Requerimientos Previos	8
2.2 Documentos de soporte de Commissioning	8
3. REQUERIMIENTOS PREVIOS A LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN NATURAL	8
3.1 Documento de Requerimientos del Propietario (Owner's Project Requirements – OPR) (Anexo 1)	8
3.2 Reporte de Calidad del aire exterior (Anexo 2)	9
3.3 Zonificación de Estrategias de Ventilación y Acondicionamiento (Plano - Anexo 3 y Cuadro de Áreas - Anexo 4)	10
3.4 Distribución espacial típica - layout típico de áreas ventiladas naturalmente (Sólo aplica para espacios sin distribución espacial conocida en fase de diseño - Anexo 5)	10
4. VARIABLES DE SIMULACIÓN GENERALES	11
4.1 Casos de simulación	11
4.2 Calidad de las condiciones de contexto	11
4.3 Perfiles de ocupación para determinar ganancias térmicas	12
5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	13
5.1 Desglose de estrategias de acuerdo a zonificación por tipología o espacios	13
5.2 Memoria de cálculo de aperturas y de coeficientes de descarga	13
5.3 Diagrama de flujo CIBSE AM10 para Selección de Estrategia de Ventilación	13
6. SIMULACIÓN TÉRMICA DEL PROYECTO	14
6.1 Variable específica: Período de preacondicionamiento del algoritmo	14
6.2 Resultados de la simulación y verificación de cumplimiento	14
7. SIMULACIÓN DE VENTILACIÓN NATURAL	15
7.1 Definición y justificación del tipo de simulación seleccionada	15
7.2 Variables específicas	15
7.3 Resultados de la simulación y verificación de cumplimiento	16
8. COMMISSIONING (ANEXOS 6,7 Y 8)	17
9. ANEXOS	17
9.1 Plantilla Reporte de Ventilación Natural	17
9.2 Formato de Revisión	17
10. ACEPTACIÓN	17

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



Sobre el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible

El **Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS)** es una organización privada sin ánimo de lucro fundada en 2008 cuya misión es **inspirar e impulsar a las personas a crear un mundo sostenible**. La organización aspira a liderar la transformación de la conciencia colectiva hacia un entorno construido sosteniblemente con el apoyo de sus Miembros: empresas, colegios, universidades, ONGs y gremios, los cuales son su capital estratégico.

El CCCS realiza anualmente *CONSTRUVERDE Foro Internacional & Expo Diseño y Construcción Sostenible* y cuenta con un importante reconocimiento internacional por su aporte a la promoción de mejores prácticas en la construcción **como representante en el país del *World Green Building Council* y aliado del *U.S. Green Building Council (USGBC)* y el *Green Business Certification Inc. (GBCI)* para el Programa LEED en Colombia**. El CCCS tiene la acreditación de *USGBC Education Partner* por los altos estándares de su oferta de capacitación.

Las acciones del CCCS se concentran en **fortalecer el conocimiento sobre construcción y urbanismo sostenible, fomentar la utilización de sistemas de certificación y normalización de mercados verdes** en la construcción, colaborar con el gobierno nacional y los gobiernos locales para gestionar y apoyar la formulación de políticas de producción y consumo responsable para el sector.

La Directora Ejecutiva del CCCS, Cristina Gamboa, ejerce como Presidente de la Red de las Américas de consejos de construcción sostenible y Tesorera y miembro de la junta directiva del *World Green Building Council*. También es miembro del *LEED Steering Committee* por designación de la junta directiva del *U.S. Green Building Council*.



Sobre IN2GECO - Universidad de Los Andes

El Grupo de Investigación e Ingeniería en Gerencia de la Construcción - IN2GECO del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Los Andes en Bogotá, Colombia, fomenta el desarrollo del país a través del apoyo al sector de la construcción, generando y diseminando nuevo conocimiento. Sus líneas de investigación se enmarcan en: sistemas para la integración de proyectos de construcción; sostenibilidad del ambiente construido; sistemas de producción y calidad en la construcción, e innovación y tecnología en la gerencia de proyectos.

La naturaleza de la actividad de construcción vista como proyecto de ingeniería, con las características de propósito, unicidad, temporalidad, riesgos, afectación por el entorno y multidisciplinariedad requiere que su gestión se realice desde la gerencia de proyectos de ingeniería a través de la integración de las diferentes áreas. Las líneas de investigación planteadas por el grupo propician el fortalecimiento de la capacidad científica, tecnológica, innovadora, competitiva, emprendedora y de formación de investigadores en Colombia en el campo de la Gerencia de Proyectos en Construcción. Además, promueve herramientas para actualizar y generar conocimiento relevante para la sociedad y a partir de ellas se originan proyectos que guardan relación entre sí. Las líneas en curso se vinculan al ambiente construido desde la óptica desde sus actores, procesos y productos.



Asociación Colombiana De Acondicionamiento Del Aire Y De La Refrigeración

La Asociación Colombiana de Acondicionamiento del Aire y de la Refrigeración (ACAIRE) es una entidad gremial sin ánimo de lucro, que desde su fundación en 1981, ha direccionado su gestión a la profesionalización del sector a través del conocimiento, orientando a clientes y usuarios hacia soluciones y buenas prácticas que hagan un uso debido de los recursos naturales, con políticas ambientales claras.

Dentro de las directrices de ACAIRE está fortalecer su presencia como institución en el entorno y la competitividad de los asociados, y promover la labor asociativa, llamando a los especialistas del sector a trabajar con objetivos comunes.

ACAIRE cuenta con capítulos regionales en Antioquia, Centro, Norte, Occidente y capítulos temáticos ASHRAE, IJAR, Refrigeración, facilitando la participación y divulgación de las buenas prácticas de ingeniería en las diferentes zonas del país y buscando el bienestar, la competitividad y crecimiento de sus asociados.

ACAIRE ejerce la Secretaría Ejecutiva de la Federación de Asociaciones Iberoamericanas de Aire Acondicionado y Refrigeración – FAIAR.

Las relaciones con entidades como ASHRAE y el Internacional Institute of Ammonia Refrigeration (IAR) están fortalecidas al contar con un capítulo propio dentro de ACAIRE, que facilita a los afiliados, miembros del sector y usuarios en general, tener a su alcance contactos, capacitación y relaciones con estas entidades tan importantes en el ámbito internacional de nuestra actividad.

ACAIRE contribuye con el desarrollo de todos los sectores económicos del país, con lo cual se proyecta como una agremiación líder e innovadora, con reconocimiento a nivel nacional e internacional, que ha dado impulso y visibilidad al sector con la realización de eventos, como las 15 ediciones del EXPOACAIRE, y del Congreso Internacional de Climatización y Refrigeración, que han beneficiado y promocionado a sus asociados, logrando avanzar en el desarrollo de estrategias y alianzas empresariales necesarias para competir en un mercado con las exigencias actuales.

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



1. Introducción

En Colombia la construcción sostenible ha tenido una recepción muy positiva por parte de inversionistas, desarrolladores y usuarios. Desde 2008 se empezaron a diseñar y construir en el país proyectos que utilizan el concepto de diseño integrativo y buscan una certificación en construcción sostenible. Junto con la fundación del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) en el mismo año, se han sumado cada vez más adeptos y empresas comprometidas con esta mejor práctica en la industria nacional. De esta manera se ha surtido un proceso de aprendizaje entre los actores de la cadena de valor y en la actualidad existe un mercado dinámico, cada vez más maduro y capaz de producir soluciones de construcción sostenible y con interés de permear mercados como la vivienda social y la infraestructura urbana.

A septiembre de 2015 el único sistema de certificación en construcción sostenible utilizado en Colombia es el sistema LEED® de propiedad del Consejo Estadounidense de Construcción Sostenible (USGBC por sus siglas en inglés). Este sistema ha tenido gran acogida y a la misma fecha se encuentran registrados en su directorio oficial 192 proyectos con un área de 4,1 millones de m², que equivalen al 17,1% del área total licenciada en 2014. De este total, 57 de las edificaciones se certificaron oficialmente y más de un millón de metros cuadrados. Dos de estos proyectos han alcanzado el nivel Platino, 27 se certificaron en el nivel Oro, 19 el nivel Plata y 9 en Certificación. A nivel suramericano, Colombia es el cuarto mercado más grande en cuanto al número de proyectos registrados en el directorio de este sistema de certificación después de Brasil, México y Chile.

El crecimiento de este mercado se debe a procesos de educación de la oferta, que ahora reconoce los beneficios de los espacios más eficientes y saludables, pero también un proceso de aprendizaje sobre el sistema de certificación y un proceso de adaptación, donde a través de la Mesa Internacional de LEED®, liderada en Colombia por el CCCS, se han desarrollado y modificado Caminos Alternativos de Cumplimiento y Créditos Regionales.

A su vez, las soluciones pasivas y de ventilación natural son muy importantes en el país para lograr la sostenibilidad de los proyectos, por su aporte al desempeño energético y la calidad del aire. Hasta el momento varios de los proyectos certificados en construcción sostenible con LEED® han incluido estrategias de este tipo. Sin embargo el proceso de verificación de estas soluciones ha surtido circunstancias especiales, producto de la falta de estandarización del proceso de documentación y la ausencia de una autoridad local para su verificación. Adicionalmente, el GBCI (Green Business Certification Incorporation), institución encargada de la revisión del cumplimiento de los requisitos en el sistema de certificación LEED®, solicita la verificación de una autoridad local competente.

Por este motivo, el Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), junto con la Universidad de los Andes y ACAIRE, elaboró el **Protocolo de verificación para sistemas ingenieriles de ventilación natural**, el cual está bajo evaluación del U.S. Green Building Council como una propuesta alternativa de cumplimiento o ACP para ciertos requisitos de LEED®.

El Protocolo estandariza la forma de documentar los diseños de ventilación natural

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



y establece una herramienta estructurada y transparente para mejorar la aplicación del sistema LEED® en Colombia. ACAIRE será la autoridad reconocida en el país para aprobar los diseños ingenieriles de ventilación natural, de acuerdo a los requisitos contenidos en el estándar ASHRAE 62.1 2007 y 2010. La validación de las soluciones se realizarán por medio de la utilización de este Protocolo.

Cada criterio que aquí se presenta cuenta con su respectiva justificación y una descripción de los requerimientos de revisión que deben seguirse para su cumplimiento. Los criterios constituyen herramientas de verificación y no hacen referencia a criterios de diseño. Se busca que se reporte y documente que los criterios que hagan referencia a condiciones críticas de simulación, se hayan tenido en cuenta al momento de verificar cumplimiento de tasas mínimas de ventilación.

A través de este Protocolo, se espera tener un Camino Alternativo de Cumplimiento para Colombia y Suramérica, con el cual los proyectos que puedan implementar diseños con ventilación natural, puedan presentarlos con la documentación adecuada para garantizar su mejor rendimiento.

Este trabajo seguirá en revisión y actualización por el Comité de Expertos que permitió el desarrollo del mismo. Sin embargo, a partir de la fecha, los proyectos que tengas este tipo de diseños, ya pueden empezar a presentar documentación para obtener la verificación.

Proceso

Las etapas para la revisión y verificación de un diseño, se describen a continuación:

Etapas 1. Desde la fecha de radicación del proyecto, ACAIRE cuenta con un periodo de

15 días hábiles para la revisión inicial y presentación de comentarios.

Etapas 2. El equipo del proyecto tiene 15 días hábiles para dar solución a los comentarios dados por ACAIRE. Si existe alguna observación respecto a los comentarios, se puede solicitar una reunión virtual o personal de 30 minutos, para aclarar las observaciones. De ser requerido, si el certificador y el diseñador del proyecto no llegan a un acuerdo de algún ítem pendiente, se someterá la decisión al comité técnico, destinado para tal fin.

Etapas 3. Revisión final por parte de ACAIRE, verificando la corrección de los ítems que tuvieron observaciones. Esta etapa también tendrá una duración de 10 días hábiles.

Etapas 4. Emisión de certificación de cumplimiento del protocolo versión 1.0. A continuación se listan los documentos y requisitos para la verificación de sistemas ingenieriles de ventilación natural en climas ecuatoriales.

2. Documentación

La documentación requerida para dar respuesta a este protocolo se compone de los siguientes documentos:

2.1 Plantilla de Reporte de Ventilación Natural

La Plantilla de Reporte de Ventilación Natural es un formato que debe ser utilizado por cada equipo de proyecto para someter el mismo a revisión por parte del ente verificador. Únicamente se realizará la revisión del proyecto si el reporte se encuentra siguiendo el formato establecido en la plantilla. Se encuentra adjunta a este protocolo (anexo A).

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



2.2 Documentos de soporte de Requerimientos Previos

Los documentos de soporte de requerimientos previos no hacen parte del reporte de ventilación natural, sin embargo son documentos que deben ser entregados como anexo a dicho reporte de manera que el ente verificador pueda realizar una revisión integral del proyecto.

- Anexo 1. Documento de Requerimientos del Propietario (Owner's Project Requirements – OPR)
- Anexo 2. Reporte de Calidad del aire exterior
- Anexo 3. Zonificación de estrategias de ventilación y acondicionamiento. Plano.
- Anexo 4. Zonificación de estrategias de ventilación y acondicionamiento. Cuadro de Áreas.
- Anexo 5. Distribución espacial típica - *layout* típico (Sólo aplica para espacios sin distribución espacial conocida en la fase de diseño).

2.2 Documentos de soporte de Commissioning

El protocolo de ventilación natural no pretende verificar el proceso de *commissioning*, sin embargo, si se busca verificar que dicho proceso exista y que el sistema de ventilación natural hace parte del proceso. Por ende, deben entregarse los siguientes documentos de soporte:

- Anexo 6. Documento de revisión del diseño del sistema de ventilación natural (si el proyecto sólo está realizando *commissioning* fundamental deben entregarse los documentos de bases de diseño).
- Anexo 7. Plan de *Commissioning*.
- Anexo 8. Especificaciones de *Commissioning* del sistema de ventilación natural o Reporte de *Commissioning* del sistema de ventilación natural (si ya se ha

finalizado la instalación del sistema al momento de realizar la revisión, se requiere se entregue el Reporte de *Commissioning*).

3. Requerimientos previos a la implementación del sistema de ventilación natural

3.1 Documento de Requerimientos del Propietario (Owner's Project Requirements – OPR) (Anexo 1)

Justificación

El protocolo no pretende revisar el Documento de Requerimientos del Propietario, ni avalar el contenido del mismo. Sin embargo, se busca extraer de él la información básica de operación del proyecto.

Requerimientos de Revisión

En el Documento de Requerimientos del Propietario (Owner's Project Requirements – OPR) debe encontrarse definido:

- Perfiles de ocupación para determinar ganancias térmicas.
- El rango de confort de operación del proyecto, para cada tipo de espacio.
- El porcentaje de tiempo de operación en el que el proyecto puede encontrarse por fuera del rango de confort, si se permite esta opción.
- Horario de ocupación del proyecto.
- Ocupación estimada del proyecto.

En caso de que el Documento de Requerimientos del Propietario no contenga uno o más de los requerimientos anteriormente mencionados, pueden utilizarse dos estrategias:

- Utilizar los valores por defecto para el ítem faltante de acuerdo a la siguiente tabla:

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



Ítem	Valor por Defecto
Perfiles de ocupación para determinar ganancias térmicas	Definido a criterio del equipo de proyecto
El rango de confort de operación del proyecto, para cada tipo de espacio	Definido por el estándar ASHRAE 55 2004 o versión aplicable al proyecto
El porcentaje de tiempo de operación en el que el proyecto puede encontrarse por fuera del rango de confort, si se permite esta opción	Definido por el estándar ASHRAE 55 2004 o versión aplicable al proyecto
Horario de ocupación del proyecto	Definido a criterio del equipo de proyecto
Ocupación estimada del proyecto	Norma Colombiana de Diseño y Construcción Sismo Resistente NSR-10

- En caso de que otro documento del proyecto contenga una mejor descripción de estos ítems, debe adjuntarse dicho documento.

3.2 Reporte de Calidad del aire exterior (Anexo 2)

Justificación

Con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento del sistema y la calidad del aire exterior utilizado para ventilar naturalmente los espacios, se busca identificar el nivel de concentración de posibles contaminantes críticos en el emplazamiento del proyecto, y verificar la viabilidad de implementar el sistema de ventilación natural.

Requerimientos de revisión

Para reportar el cumplimiento de este criterio se definen las siguientes 3 opciones aceptables:

Opción 1. Cumplimiento por información preexistente:

Se debe revisar y reportar cumplimiento de concentraciones máximas de contaminantes criterio de acuerdo a los requerimientos del *ASHRAE 62.1 2007* o versión aplicable al proyecto, utilizando datos de estaciones de monitoreo de calidad del aire de la zona de emplazamiento del proyecto. En caso de que se hayan hecho mediciones in situ, se deben reportar los resultados de las mismas. Si el equipo del proyecto identifica alguna fuente potencial de contaminación, se recomienda que se hagan mediciones locales de los contaminantes de interés.

Opción 2. No cumplimiento de uno o más contaminantes criterio por información preexistente:

En caso de que a partir de la información preexistente, se identifiquen uno o más contaminantes criterio que no cumplan con los requerimientos del *ASHRAE 62.1 2007* o versión aplicable al proyecto, estos deben ser reportados y se deben llevar a cabo mediciones locales para dichos contaminantes, y reportar cumplimiento con los resultados obtenidos.

Opción 3. Indisponibilidad de información preexistente:

En caso de no contar con información de calidad del aire exterior del emplazamiento del proyecto, se debe llevar a cabo una Evaluación de Calidad del Aire Exterior - *Outdoor Air Quality Assessment* – por un Ingeniero Ambiental con tarjeta profesional vigente. En el reporte de esta evaluación se debe incluir como mínimo:

- a. Descripción y justificación del radio de inspección de acuerdo con los contaminantes de interés potenciales del sitio, condiciones de viento y condiciones del contexto (rural o urbano).

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



- b. Focos de contaminación del aire encontrados en el radio de evaluación con matriz de posibles contaminantes.
- c. Concepto de calidad del aire exterior incluyendo pertinencia de mediciones locales para contaminantes de interés, de acuerdo a los protocolos estándar aceptados a nivel nacional, para reportar cumplimiento de requerimientos del *ASHRAE 62.1 2007* o versión aplicable al proyecto.

En caso de que el Concepto de calidad del aire exterior elaborado por el Ingeniero Ambiental indique que deben realizarse mediciones locales, los resultados de las mismas deben ser entregados junto con el reporte de calidad del aire exterior.

Para cualquiera de las 3 opciones seleccionadas, el equipo de proyecto debe identificar y reportar las fachadas más vulnerables a baja calidad del aire exterior de acuerdo a las condiciones del emplazamiento. Debe tenerse en cuenta que si se identifica una fachada de alta vulnerabilidad a baja calidad de aire exterior, el diseño debería contemplar dicha condición.

3.3 Zonificación de Estrategias de Ventilación y Acondicionamiento (Plano - Anexo 3 y Cuadro de Áreas - Anexo 4)

Justificación

Con el objetivo de dar al revisor un entendimiento claro del funcionamiento esperado del proyecto en términos del sistema de ventilación y confort se busca desarrollar un plano de zonificación de estrategias de ventilación del proyecto.

Requerimientos de revisión

Se debe elaborar un plano de todo el proyecto en el cual se presente la zonificación en términos de estrategias de ventilación y acondicionamiento de los espacios. Se deben reportar como mínimo las siguientes zonas de acuerdo a lo implementado en el proyecto: ventilación natural, acondicionamiento natural (cuando el diseño de ventilación natural está encaminado a propiciar confort al usuario final), ventilación mecánica, acondicionamiento mecánico y extracción mecánica.

3.4 Distribución espacial típica - layout típico de áreas ventiladas naturalmente (Sólo aplica para espacios sin distribución espacial conocida en fase de diseño - Anexo 5)

Justificación

Con el objetivo de representar de la mejor manera posible el comportamiento del sistema y evaluar los escenarios reales que constituyan condiciones críticas para el funcionamiento del mismo, se busca que en los casos en que no se conozca con certeza la distribución final del espacio en fase de diseño, las simulaciones deben realizarse teniendo en cuenta un layout típico que sea coherente con el uso y condiciones descritas en el OPR, para verificar tasas mínimas de ventilación.

Requerimientos de revisión

Cuando no se conoce con certeza la distribución final del espacio en fase de diseño, el equipo de arquitectura debe desarrollar una distribución espacial típica que sea coherente con el uso y condiciones descritas en el OPR.

Debe reportarse la inclusión de todos los elementos proyectados que van a hacer parte del sistema, en los modelos y simulaciones

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



realizadas para verificar tasas de ventilación mínimas, como por ejemplo trampas acústicas y cualquier otro elemento que influya en el recorrido del aire.

Se recomienda que la distribución espacial típica se reporte en las guías de arrendatario del proyecto. Adicionalmente se debería solicitar de forma contractual que se garantice la adecuada renovación del aire en los diferentes espacios construidos.

4. Variables de Simulación Generales

4.1 Casos de simulación

Justificación

Con el objetivo de representar de la mejor manera posible el comportamiento del sistema y evaluar los escenarios reales que constituyan condiciones críticas para el funcionamiento del mismo, se busca que las simulaciones realizadas para verificar las tasas de ventilación mínimas incluyan las condiciones críticas de las variables de temperatura, dirección y velocidad de viento y cargas térmicas internas.

Requerimientos de revisión

Se exige documentar que dentro de las simulaciones realizadas para verificar tasas mínimas de ventilación se incluyan los casos críticos de funcionamiento del sistema identificados por el diseñador en acuerdo con la autoridad de *commissioning* del proyecto o un representante del propietario en caso de que al momento de someter el proyecto a revisión la autoridad de *commissioning* no exista. Dichos casos críticos deben estar formulados en base a las siguientes condiciones:

Temperatura

- Día más caliente del año.
- Menor diferencia de temperatura entre el interior y el exterior.

Condiciones de viento

- Condición de calma (velocidad de viento cero). Esta condición de simulación es de carácter obligatorio.
- Direcciones predominantes cuyas frecuencias acumulen un porcentaje del 80% del tiempo, utilizando la rosa de los vientos del emplazamiento. Cuando esta no está disponible se puede emplear una rosa de los vientos calculada por medio de un software de datos climáticos tal como Meteonorm. Se debe presentar la rosa de los vientos utilizada y describir explícitamente como se constituye el 80% de los vientos predominantes. Esta condición de simulación es de carácter obligatorio.
- Dirección de viento opuesta a las aperturas.

Cargas térmicas internas

- Cargas máximas.
- Cargas mínimas.

El equipo de proyecto debe definir, reportar y justificar dichos casos críticos de funcionamiento del sistema. Adicionalmente, deben reportarse todas las condiciones y suposiciones climáticas utilizadas en las simulaciones realizadas y las tasas resultantes de estas simulaciones.

4.2 Calidad de las condiciones de contexto

Justificación

Con el objetivo de modelar de la forma más realista posible el comportamiento del sistema se requiere que las condiciones de contexto utilizadas como variable de entrada de las simulaciones de verificación de tasas de

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



ventilación mínimas representen de la manera más fiel posible el contexto real de emplazamiento del proyecto.

Requerimientos de revisión

Para reportar el cumplimiento de este criterio se definen las siguientes 3 opciones aceptables:

Opción 1. Cumplimiento con información existente del emplazamiento: Reportar y documentar la utilización de un archivo de clima del emplazamiento exacto del proyecto. Este archivo debe ser emitido por una fuente reconocida (NASA, CIBSE, METEONORM, IDEAM, etc.) que permita su referenciación directa.

Opción 2. Cumplimiento con información de ubicación de condiciones similares: Si se escoge un archivo de clima de una ubicación de condiciones similares, deben justificarse debidamente dichas similitudes, como mínimo los datos de altitud, temperatura, humedad y condiciones de viento. Este archivo debe ser emitido por una fuente reconocida que permita su referenciación directa.

Opción 3. Indisponibilidad de información preexistente: Si no existe una ubicación de condiciones mínimas similares justificables y no se cuenta con datos de condiciones de viento, se debe construir y documentar un archivo particular de clima, de la siguiente forma:

- Tomar datos de altitud, temperatura y humedad de una ubicación de condiciones similares.
- Generar información de condiciones de viento (rosa de los vientos) interpolando datos históricos de estaciones cercanas al emplazamiento del proyecto.

Para cualquiera de las opciones descritas anteriormente debe reportarse la inclusión en la modelación de los edificios aledaños existentes y proyectados para incorporar el efecto de los mismos. Se debe reportar y justificar la estrategia seleccionada, explicando porque las condiciones de contorno utilizadas están constituidas por la mejor información disponible.

Debe presentarse en el reporte un resumen que incluya las condiciones de frontera consideradas y la información del archivo de clima utilizado o construido. Como mínimo se deben incluir: ubicación, altitud, temperatura de aire, humedad, radiación promedio, velocidades, direcciones y frecuencia de vientos.

4.3 Perfiles de ocupación para determinar ganancias térmicas

Justificación

Se busca que los perfiles de ocupación para determinar ganancias térmicas empleados en las simulaciones realizadas para verificar las tasas de ventilación mínimas representen de la manera más fiel posible las condiciones reales de uso del proyecto. Lo anterior con el objetivo de estar en capacidad de evaluar el comportamiento del sistema y los escenarios reales que constituyan condiciones críticas para el funcionamiento del mismo.

Requerimientos de revisión

Se deben documentar los perfiles utilizados en las simulaciones realizadas para verificar tasas de ventilación mínimas y estos deben coincidir con los definidos en el OPR.

Se debe reportar que las simulaciones realizadas para verificar tasas de ventilación mínimas tienen en cuenta la condición crítica

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



debido a ocupación, iluminación, equipos y acondicionamiento.

Los perfiles de ocupación empleados en las simulaciones realizadas para verificar las tasas de ventilación mínimas deben ser consistentes con los utilizados en todas las herramientas de simulación del proyecto.

5. Descripción del sistema

5.1 Desglose de estrategias de acuerdo a zonificación por tipología o espacios

Justificación

Con el objetivo de dar al revisor un entendimiento claro de la concepción del sistema de ventilación natural se busca presentar una descripción clara del mismo, exponiendo la estrategia empleada por espacio o por tipología.

Requerimientos de Revisión

Se debe incluir en el reporte una descripción donde se exponga para cada espacio o tipología presente en el proyecto cuál es la estrategia de ventilación y acondicionamiento adoptada de acuerdo a la zonificación de estrategias de ventilación y acondicionamiento. Este documento debe ser consistente con la información consignada en los anexos 3 y 4.

5.2 Memoria de cálculo de aperturas y de coeficientes de descarga

Cálculo de Aperturas

Justificación

Con el objetivo de representar de la mejor manera posible el comportamiento real del sistema, se busca que el cálculo de las áreas de las aperturas se encuentre debidamente justificado. Se sugiere seguir los lineamientos

de las Guías CIBSE A y B para definir el área efectiva de las aperturas.

Requerimientos de revisión

Se debe documentar el procedimiento de cálculo de las aperturas. En su definición debe establecerse el estado de exposición de cada una de estas: Expuesto, semi-expuesto, semi-cubierto o cubierto. Adicionalmente, se deben presentar claramente las aperturas internas que hagan parte del sistema.

Coeficientes de descarga

Justificación

Con el objetivo de representar de la mejor manera posible el comportamiento real del sistema, se busca que la estimación de los coeficientes de descarga se encuentre debidamente justificada. Se sugiere utilizar aproximaciones conservadoras teniendo en cuenta la incertidumbre existente para cada tipo de apertura y tener en cuenta las pérdidas producidas a lo largo de todo el recorrido del fluido.

Requerimientos de revisión

El diseñador debe sustentar los coeficientes de descarga escogidos y justificar porque representan la mejor aproximación posible a la realidad de acuerdo al tipo de apertura tratado y a la incertidumbre de la variable.

5.3 Diagrama de flujo CIBSE AM10 para Selección de Estrategia de Ventilación

Justificación

Con el objetivo de garantizar la calidad del aire interior en los espacios, se busca que el equipo de proyecto seleccione una correcta estrategia de ventilación para lo cual debe seguirse el diagrama de flujo *CIBSE AM10 Natural ventilation in non-domestic buildings Figura 2.8 Selecting a ventilation strategy*, el cual se considera criterio base de revisión de selección de estrategia de ventilación, ya que

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



integra variables del sistema de control de la calidad del aire interior, cargas térmicas y confort.

Requerimientos de revisión

Se debe reportar la estrategia de ventilación seleccionada de acuerdo al diagrama de flujo de *CIBSE AM10 Natural ventilation in non-domestic buildings Figura 2.8 Selecting a ventilation strategy*, entregando el diagrama desarrollado para cada espacio ventilado naturalmente.

6. Simulación térmica del proyecto

6.1 Variable específica: Período de preacondicionamiento del algoritmo

Justificación

Con el objetivo de garantizar que las herramientas utilizadas para verificar tasas de ventilación mínimas generen los resultados de mayor calidad posible, se busca considerar un periodo de preacondicionamiento del algoritmo utilizado en simulaciones térmicas.

Requerimientos de revisión

En las simulaciones térmicas realizadas para verificar tasas de ventilación mínimas, debe reportarse la inclusión de un lapso de simulación previo correspondiente a mínimo el 5% de la duración de la misma y no menor a una semana, para garantizar condiciones permanentes. Se debe reportar el periodo de preacondicionamiento utilizado.

6.2 Resultados de la simulación y verificación de cumplimiento

Justificación

Con el objetivo de ofrecer una condición informada de diseño para el propietario y el diseñador, referente a las implicaciones en el

confort de los usuarios finales, al implementar un sistema de ventilación natural en un proyecto de construcción se requiere realizar y documentar una simulación térmica del proyecto en operación.

El protocolo no busca verificar el cumplimiento de ningún rango de confort, sino únicamente garantizar la realización, documentación y reporte de la simulación térmica y sus resultados.

Para este criterio se tiene en cuenta la interdependencia existente entre las consideraciones de diseño de un sistema de ventilación natural y las temperaturas en que va a operar el proyecto, ya que las tasas de ventilación del estándar *ASHRAE 62.1 2007* o versión aplicable al proyecto, no están definidas para buscar el confort de los usuarios, sino que están concebidas para garantizar únicamente la calidad del aire interior. Por lo anterior, se busca que los decisores estén en capacidad de garantizar el correcto funcionamiento del sistema, reducir conflictos posteriores relacionados con el confort térmico de los usuarios finales, prevenir sobredimensionamiento de aperturas y ofrecer condiciones adecuadas de habitabilidad.

Requerimientos de Revisión

Aunque el requerimiento de este protocolo es garantizar una adecuada calidad del aire al interior del espacio se debe documentar una simulación térmica del proyecto en operación y reportar sus resultados.

Debe reportarse explícitamente el porcentaje de tiempo de no cumplimiento del rango de confort en operación. En el caso que el OPR no presente explícitamente un rango de confort aceptable para el proyecto, se debe utilizar como referencia el estándar *ASHRAE*

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



55 2004 o versión aplicable al proyecto, en su capítulo de confort adaptativo.

7. Simulación de ventilación natural

7.1 Definición y justificación del tipo de simulación seleccionada

Justificación

Con el objetivo de representar de la mejor manera posible el comportamiento del sistema y evaluar los escenarios reales que constituyan condiciones críticas para el funcionamiento del mismo, se busca que el equipo de proyecto seleccione una estrategia de simulación adecuada y provea una justificación técnicamente sustentada de dicha elección.

Cuando la complejidad geométrica del proyecto lo amerite o cuando se considere necesaria una verificación de la distribución del aire dentro del espacio, se recomienda emplear una herramienta de Análisis de dinámica de fluidos computacional (CFD - *Computational fluid dynamics*). En el caso de no requerirse una simulación CFD dado que las condiciones de complejidad no lo ameriten, será aceptable el uso de una simulación multizona.

Requerimientos de revisión

El equipo de proyecto debe definir si la complejidad geométrica del proyecto o la necesidad de verificar la distribución del aire dentro del espacio por las características de éste, ameritan o no la realización de un análisis CFD. Esta definición tiene que encontrarse debidamente justificada y debe contar con el aval del diseñador en acuerdo con la autoridad de *commissioning* del proyecto, o un representante del propietario en caso de que al momento de someter el

proyecto a revisión la autoridad de *commissioning* no exista.

Si el proyecto tiene una geometría compleja, debe realizarse un análisis CFD. En el caso que se considere necesario el análisis CFD para verificar el cumplimiento de tasas mínimas de ventilación en ciertas condiciones críticas de comportamiento del sistema, el equipo de proyecto debe definir dichas condiciones (parámetros a tener en cuenta). Estas deben ser documentadas y se debe reportar las tasas mínimas para estos casos. Es aceptable realizar simulaciones CFD estacionarias siempre y cuando se verifiquen todas las condiciones críticas definidas por el equipo de proyecto de acuerdo a los lineamientos de la sección 3.1.

7.2 Variables específicas

7.2.1 Secuencia de control para operatividad de aperturas

Justificación

Se busca que la secuencia de control que define la operatividad de las aperturas, utilizada en las simulaciones realizadas para verificar las tasas de ventilación mínimas, represente de la manera más fiel posible las condiciones reales operativas del proyecto. Lo anterior, con el objetivo de estar en capacidad de evaluar el comportamiento del sistema y los escenarios reales que constituyan condiciones críticas para el funcionamiento del mismo.

Requerimientos de revisión

Se debe documentar la secuencia de control que define la operatividad de las aperturas utilizada en las simulaciones realizadas para verificar tasas de ventilación mínimas. Esta secuencia de control debe ser consistente con la utilizada en todas las herramientas de simulación del proyecto.

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



7.2.2 Coeficientes de presión

Opción A – Simulación Multizona

Esta variable específica no aplica para proyectos que solo implementen Simulación Multizona.

Opción B – Simulación CFD

Justificación

Con el objetivo de representar de la mejor manera posible el comportamiento real del sistema, se busca que la estimación de los coeficientes de presión sobre la envolvente se encuentre debidamente justificada en aquellos casos que la complejidad de la geometría exterior del proyecto lo amerite.

Requerimientos de revisión

A criterio del equipo de proyecto, debe definirse si la complejidad geométrica exterior del proyecto, amerita o no la realización de un análisis CFD exterior para determinar los coeficientes de presión sobre la envolvente y verificar el comportamiento del contorno del edificio. Esta definición tiene que encontrarse debidamente documentada y justificada. Si la geometría exterior del proyecto es muy compleja (irregular y no ortogonal) se requiere hacer un análisis CFD exterior.

Tamaño del mallado en un análisis CFD

Opción A – Simulación Multizona

Esta variable específica no aplica para proyectos que solo implementen Simulación Multizona.

Opción B – Simulación CFD

Justificación

Con el objetivo de representar de la mejor manera posible el comportamiento real del sistema y que las herramientas utilizadas generen los resultados de mayor calidad posible, se busca que el equipo de proyecto

reporte las suposiciones del mallado empleado al realizar un análisis CFD, de acuerdo al nivel de detalle buscado en la modelación.

Requerimientos de revisión

En el caso que se realice un análisis CFD, deben reportarse y explicarse las suposiciones que llevaron a la determinación del mallado del mismo (tamaño y forma).

A criterio del equipo de proyecto deben definirse y reportarse los elementos de diseño y las situaciones específicas que, debido a su complejidad geométrica, requieren un mallado más fino para un análisis CFD.

7.3 Resultados de la simulación y verificación de cumplimiento

7.3.1 Tasas de ventilación

Justificación

Con el objetivo de garantizar la calidad del aire interior en los espacios, se busca que las tasas de ventilación resultantes de las simulaciones realizadas sean superiores a las tasas de ventilación descritas en la *Tabla 6-1 Tasas mínimas de ventilación en zona respirable* del estándar *ASHRAE 62.1 2007* o versión aplicable al proyecto, las cuales se consideran criterio base de revisión de calidad del aire interior.

Requerimientos de revisión

Se deben reportar las tasas de ventilación resultantes de las simulaciones realizadas, y deben ser comparadas con las descritas en la *Tabla 6-1 Tasas mínimas de ventilación en zona respirable* del estándar *ASHRAE 62.1 2007* o versión aplicable al proyecto, para verificar su cumplimiento.

PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES



Se deben explicar y justificar las tasas de ventilación adicionales por concepto de confort y de disipación de calor.

7.3.2 Vida media del aire respirable

Opción A – Simulación Multizona

Este criterio de verificación no aplica para proyectos que solo implementen Simulación Multizona.

Opción B – Simulación CFD

Justificación

Con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento del sistema y la calidad del aire interior en los espacios, se busca que se consideren los resultados de vida media del aire en zona respirable y eficiencia de intercambio de aire como indicadores de la calidad del aire interior, en aquellos casos que se haya realizado un análisis de CFD interior.

Requerimientos de revisión

En aquellos casos en que el equipo de proyecto haya considerado necesario realizar un análisis CFD interior, deberán reportarse los resultados de vida media del aire en zona respirable y eficiencia de intercambio de aire, en los espacios definidos a criterio del equipo de proyecto.

8. Commissioning (Anexos 6,7 y 8)

Justificación

Con el objetivo de garantizar el correcto funcionamiento del sistema, se debe llevar a cabo un proceso de *commissioning* para el sistema de ventilación natural, que garantice la correcta implementación y operación del

mismo, tanto en etapa de construcción como en etapa de operación por parte de los usuarios finales del proyecto.

Requerimientos de revisión

Se exige documentar que el proyecto se encuentra realizando un proceso de *commissioning* para el sistema de ventilación natural y que este continuará hasta que el proyecto se encuentre en operación.

9. Anexos

9.1 Plantilla Reporte de Ventilación Natural

9.2 Formato de Revisión

10. Aceptación

Se considerará como un diseño de ventilación natural verificado de acuerdo a los lineamientos de este protocolo, aquel que cumpla con los siguientes criterios:

- Todos los documentos descritos en el numeral 1. *Introducción* de este protocolo se reportan con el estado de: Entregado – Aprobado o No aplica en el Formato de Revisión.
- El Reporte de Ventilación Natural del proyecto se encuentra debidamente diligenciado de acuerdo a los lineamientos de la Plantilla Reporte de Ventilación Natural.
- En el Formato de Revisión todos los criterios de aceptación se encuentran en el estado: Aplica y cumple, No aplica o Se acepta.



CRÉDITOS

Autores

CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Ing. MSc. Carolina Camacho Montaña, Coordinadora Técnica

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

Dra. Angélica Ospina

Ing. Arq. Andrés Alberto Rodríguez

Asesores Expertos

ACAIRE

Bolívar Monroy

Claudia Sánchez

Fabio Clavijo

CONSEJO COLOMBIANO DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

Arq. Pilar Medina Sánchez, Directora
de Gestión Institucional

Ing. Miguel Orejuela, Director de
Educación CCCS, LEED Faculty
USGBC

EKO ARK

Marcela de la Roche

GREEN FACTORY

Diego Prada

HVAC CONSULTING GROUP

Gabriel Jiménez

NATURAL COOLING

Agustín Adarve

NTD-NATURE TECTURE DESIGN

Alejandro Valencia

RPH INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN

Rodrigo Pinzón

SETRI SUSTENTABILIDAD

Alejandra Ovalle

César Ruiz

Julián González

SIMGEA

Juan Barbosa

Sebastián Hurtado

UNIVERSIDAD DE LOS ANDES

José Luis Ponz

Juan Sebastián Rojas

María Cristina Londoño

Jorge Ramírez

Oscar Buchely

OBSERVATORIO DE LA CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

**PROTOCOLO DE VERIFICACIÓN PARA
SISTEMAS INGENIERILES DE VENTILACIÓN
NATURAL EN CLIMAS ECUATORIALES**



* * *

Elaborado por



SOMOS PARTE DE UN MUNDO SOSTENIBLE



WORLD GREEN BUILDING COUNCIL
Established Member of the World Green Building Council

www.cccs.org.co

Cra 7 No. 74-56 Of. 609
t: +(571)743-0950
Bogotá, Colombia