



Dirección de  
Arquitectura  
Ministerio de Obras  
Públicas

Gobierno de Chile



# Anexo nº 7

**Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental,**  
para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de  
Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y según Tipología de Edificios.





**Dirección de  
Arquitectura**

Ministerio de  
Obras Públicas

Gobierno de Chile

# TDR<sub>e</sub>

*Términos de Referencia Estandarizados  
con Parámetros de Eficiencia Energética  
y Confort Ambiental, para Licitaciones  
de Diseño y Obra de la Dirección de  
Arquitectura, Según Zonas Geográficas  
del País y Según Tipología de Edificios*





***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***





## PRÓLOGO

El Ministerio de Obras Públicas (MOP), a través de su Dirección de Arquitectura, comenzó el año 2006 un proceso de incorporación de criterios de eficiencia energética y sustentabilidad en las Obras Públicas, para diseñar y construir edificios térmicamente eficientes con mejorados estándares ambientales.

En su gestión 2011, a través del Consejo Superior de Innovación Tecnológica, dependiente de la Dirección General de Obras Públicas (DGOP), seleccionó la presentación de la Dirección de Arquitectura denominada **“TÉRMINOS DE REFERENCIA ESTANDARIZADOS CON PARÁMETROS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA Y CONFORT AMBIENTAL, PARA LICITACIONES DE DISEÑO Y OBRA DE LA DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA, SEGÚN ZONAS GEOGRÁFICAS DEL PAÍS Y SEGÚN TIPOLOGÍA DE EDIFICIOS”** para su ejecución.

La ejecución estuvo a cargo de un consorcio conformado por el Centro de Investigación en Tecnologías de Construcción de la Universidad del Bío-Bío (CITEC UBB) y la Dirección de Extensión en Construcción de la Escuela de Construcción Civil de la Pontificia Universidad Católica de Chile (DECON UC).

El trabajo tiene su origen en la necesidad de mejorar la calidad ambiental, la eficiencia y el ahorro en el uso de la energía en la Edificación Pública, incorporando estas exigencias en forma de Términos de Referencia en las Bases de Licitación de proyectos. Esto se fundamenta por el impacto económico y social que tiene a nivel nacional, por el rol pedagógico y ejemplificador que tiene el Sector Público en esas necesidades y desafíos país.

El deficiente desempeño energético y ambiental de la edificación en Chile afecta la seguridad energética del país, el medio ambiente, la calidad de vida y productividad de las personas y cada vez más el presupuesto nacional. Estudios demuestran que, si en el decenio 2006-2015 el país redujese sólo en un 1,5% su consumo energético en el sector edificio residencial público y privado, el ahorro esperado sería de U\$D 3.450 millones<sup>1</sup>. Sólo la deficiente aislación térmica del parque de edificios en Chile le irroga al estado un mayor gasto, evaluado en U\$D 1.000 millones anuales. Otras mermas, de difícil cuantificación pero no menos importantes, resultan de los daños a la salud y a la productividad de las personas producto de habitar en ambientes inconfortables por mala calidad ambiental de los edificios.

En virtud de lo anterior, el año 2005 se crea en Chile el Programa País Eficiencia Energética (actualmente Agencia Chilena de Eficiencia Energética), con el propósito de impulsar una cultura de eficiencia en el uso de la energía en Chile. Este organismo ha estimado que a escala general se puede lograr un 1,5% anual de mejoramiento en la eficiencia energética en Chile, meta que se busca alcanzar interviniendo en los principales sectores del consumo energético, presentando el Sector Público un gran potencial de ahorro

---

<sup>1</sup> MINVU. Bases técnicas Licitación Estudios de Programa de Inversión Pública para fomentar el reacondicionamiento térmico del parque construido de viviendas, Julio 2006.

energético. La intervención considera una serie de acciones orientadas a la regulación, fomento, difusión y educación en esta materia.

En el Sector Público uno de los ejes de acción principal considera la introducción de criterios de **diseño pasivo** y de **eficiencia energética** en su edificación, además de la realización de auditorías energéticas a edificios públicos a través de la monitorización de parámetros de desempeño, con el objeto de establecer una línea base de consumos energéticos e identificar oportunidades de ahorro de energía.

En función de los avances en el conocimiento y la innovación tecnológica, será necesario someter los estándares y procedimientos que exigen estos Términos de Referencia a una revisión y actualización periódica (considerando un máximo de 5 años).

## EQUIPO DE TRABAJO

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) – DIRECCIÓN DE ARQUITECTURA – DIVISIÓN DE EDIFICACIÓN PÚBLICA – UNIDAD DE ESTÁNDARES Y EFICIENCIA ENERGÉTICA.

**Alejandro Sepúlveda Martín**, Director Nacional Dirección de Arquitectura, Arquitecto.  
**James Fry Carey**, Jefe de División Edificación Pública, Arquitecto.  
**Margarita Cordaro Cárdenas**, Jefa de Unidad de Estándares y Eficiencia Energética, Arquitecta.  
**Leonardo Lillo Férez**, Unidad de Estándares y Eficiencia Energética, Arquitecto.  
**Jaime Ramos Valdés**, Unidad de Estándares y Eficiencia Energética, Arquitecto.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS (MOP) - DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS PÚBLICAS (DGOP) – SECRETARÍA EJECUTIVA DE INNOVACIÓN TECNOLÓGICA (SEIT).

**Aldo Cardinali Meza**, Jefe Secretaría Ejecutiva de Innovación Tecnológica, .

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE - ESCUELA DE CONSTRUCCIÓN CIVIL – DIRECCIÓN DE EXTENSIÓN EN CONSTRUCCIÓN (DECON UC).

**Wladimir Bugeño Callejas**, Constructor Civil.  
**Ariel Chiang González**, Arquitecto / MSc Sustainable Building Technology, MArch Technology.  
**Héctor Espinoza Jaraquemada**, Constructor Civil.  
**Leonardo Meza Marín**, Constructor Civil / PhD Ingeniería.  
**Constanza Molina Carvallo**, Constructor Civil.  
**Fanny Ordóñez Contreras**, Constructor Civil / MSc Ciencias Aplicadas.  
**Leonardo Veas Pérez**, Constructor Civil / MSc, PhD Ciencias Aplicadas.  
**Felipe Vidal Silva**, Constructor Civil.

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO - CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN (CITEC UBB).

**Roberto Arriagada Bustos**, Ingeniero Constructor / MSc Arquitectura Sostenible y Eficiencia Energética.  
**Daniela Besser Jelves**, Arquitecto / MArch Diseño Ambiental.  
**Ariel Bobadilla Moreno**, Ingeniero Civil Mecánico / MSc Ciencias Aplicadas.  
**Rodrigo Figueroa San Martín**, Ingeniero Constructor.  
**Freddy Guzmán Garcés**, Ingeniero Acústico.  
**Vladimir Esparza Henríquez**, Ingeniero Civil Eléctrico / MSc Ingeniería Eléctrica.  
**Cristián Muñoz Viveros**, Arquitecto / MSc Hábitat Sustentable y Eficiencia Energética.  
**Beatriz Piderit Moreno**, Arquitecto / MSc, PhD Iluminación Natural.  
**Reinaldo Sánchez Arriagada**, Ingeniero Mecánico / MSc Ingeniería Mecánica.  
**Maureen Trebilcock Kelly**, Arquitecto / MSc, PhD Arquitectura Sustentable.



## INTRODUCCIÓN

Los presentes Términos de Referencia tienen por objetivo incorporar, exigencias, criterios de desempeño y estándares de eficiencia energética y confort ambiental, junto con procedimientos de verificación en diseño y obra para su incorporación en licitaciones de edificios públicos en Chile.

La sistematización y estandarización del producto resultante de este proceso de estudio y validación energética y de confort ambiental de proyectos generará una base de datos relevante que permitirá contar con una visión general de la calidad de la Edificación Pública nacional .

La meta es avanzar en el desarrollo de edificios públicos en Chile que se caractericen por un menor consumo de recursos de energía y agua; impliquen menores gastos de operación para sus sostenedores; alcancen mejores estándares de confort térmico, acústico, lumínico y de calidad de aire para sus usuarios; y tengan un menor impacto sobre el medio ambiente. Todo lo anterior, tomando en cuenta la zona geográfica donde se emplazará el edificio.

### 1. Tipologías de edificios

Las tipologías de edificios públicos a las cuales se les exigirá incorporar los términos de referencia en su diseño, se detallan a continuación:

- a) **Edificios de Oficinas:** Corresponde a los edificios conformados por recintos destinados a la prestación de servicios profesionales, administrativos, financieros, de seguros, intermediación de intangibles y otros análogos.
- b) **Edificios Educativos:** Establecimientos destinados principalmente a la formación o capacitación en educación superior, técnica, media, básica, básica especial y prebásica, a centros de investigación científica o tecnológica, y a centros de capacitación, de orientación o de rehabilitación conductual y otros análogos.
- c) **Edificios de Salud:** Establecimientos destinados principalmente a la prevención, tratamiento y recuperación de la salud, tales como: hospitales, clínicas, policlínicos, consultorios, postas, centros de rehabilitación y otros análogos.
- d) **Edificios de Seguridad:** Establecimientos destinados principalmente a unidades o cuarteles de instituciones encargadas de la seguridad pública, tales como unidades policiales y cuarteles de bomberos, o destinados a cárceles y centros de detención.

**Los presentes Términos de Referencia constituyen un documento orquestador que se articula con 10 Guías Técnicas de Apoyo.** Según esto, los Términos de Referencias establecen objetivos, exigencias, metodología de diseño y documentos a presentar para cada uno de los Requisitos Básicos propuestos, mientras que las Guías Técnicas de Apoyo constituyen documentos técnicos que establecen métodos de verificación, indicadores y valores límites para cada requisito.

## 2. Requisitos Básicos

Los Términos de Referencia y las Guías Técnicas de Apoyo se organizan en base a 4 ámbitos generales, en los cuales se agrupan los 10 Requisitos Básicos:

### DISEÑO PASIVO

Requisito Básico N°1: Diseño arquitectónico pasivo.

### AHORRO DE ENERGÍA

Requisito Básico N°2: Limitación de la demanda energética de edificios.

Requisito Básico N°3: Rendimiento de las instalaciones térmicas

Requisito Básico N°4: Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación.

Requisito Básico N°5: Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.

### CONFORT AMBIENTAL

Requisito Básico N°6: Calidad del aire interior

Requisito Básico N°7: Confort higrotérmico

Requisito Básico N°8: Confort lumínico

Requisito Básico N°9: Confort acústico

### AHORRO DE AGUA

Requisito Básico N°10: Eficiencia de las instalaciones de agua potable

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 1**

**DISEÑO PASIVO**  
Diseño arquitectónico pasivo

**OBJETIVO**

Desarrollar edificios en base a estrategias de diseño arquitectónico pasivo, con el fin de alcanzar condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para el bienestar de sus ocupantes, demandando un mínimo de energía para ello.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

Los *edificios* tendrán características tales que las condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) se encuentren dentro de un rango establecido por valores límites mínimos y máximos. El arquitecto, en base al trabajo interdisciplinario con los especialistas, debe priorizar que esta exigencia se cumpla a través del comportamiento pasivo del edificio como resultado de sus características de diseño en concordancia con los parámetros de uso y las características climáticas locales.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 1, considerando las zonas climáticas.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 1.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Identificación de la zona climática donde se localiza el edificio y análisis del clima local, identificando temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, carta de trayectoria solar, vientos predominantes, velocidad del viento, precipitaciones.
- Propuesta de estrategias de diseño pasivo según clima local y uso del edificio, en base a guías y manuales de diseño bioclimático/pasivo disponibles, orientadas a limitar la demanda de energía tanto en invierno como en verano.
- Análisis de asoleamiento del edificio en 3 estaciones (invierno, verano, estaciones intermedias) y a 3 horas del día (mañana, mediodía, tarde).

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de criterios y estrategias de diseño pasivo del edificio que contenga: análisis climático de la localidad; propuesta de estrategias de diseño pasivo con esquemas/diagramas; análisis de asoleamiento, etc. Este informe se complementa con los requeridos por la GTA 2, GTA 6, GTA 7, GTA 8 y GTA 9.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- NO APLICA.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 2**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Limitación de la Demanda Energética de Edificios

**OBJETIVO**

Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso* y mantenimiento.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Limitación de demanda energética**

Los *edificios* dispondrán de un diseño y envolvente de características tales que limite adecuadamente la *demanda energética* necesaria para alcanzar el *bienestar térmico* en función del clima de la localidad, del uso del edificio y del régimen de verano y de invierno, así como por sus características de aislación e inercia, permeabilidad al aire y exposición a la radiación solar.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 2, especificado por zonas climáticas.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 2.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Identificación de la zona climática donde se localiza el edificio y análisis del clima local, identificando temperaturas medias, mínimas y máximas mensuales, carta de trayectoria solar, vientos predominantes, velocidad del viento, precipitaciones.
- Propuesta de estrategias de diseño pasivo según clima local y uso del edificio, en base a guías y manuales de diseño bioclimático/pasivo disponibles, orientadas a limitar la demanda de energía tanto en invierno como en verano.
- Análisis de asoleamiento del edificio en 3 estaciones (invierno, verano, estaciones intermedias) y a 3 horas del día (mañana, mediodía, tarde).
- Propuestas de envolvente que cumplan con los Criterios de Desempeño definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 2.
- Verificación de la demanda energética de calefacción y/o refrigeración del edificio según Comprobación de Exigencias establecidos en Guía Técnica de Apoyo N° 2.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño pasivo integradas al proyecto de arquitectura.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de criterios y estrategias de diseño pasivo del edificio que contenga: análisis climático de la localidad; propuesta de estrategias de diseño pasivo con esquemas/diagramas; análisis de asoleamiento, etc.
- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de limitación de la demanda energética del edificio, según Criterios de Desempeño y métodos de cálculo exigidos en etapa de diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N°2.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de limitación de la demanda energética del edificio, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 2.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 3**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Rendimiento de las instalaciones térmicas y de climatización

**OBJETIVO**

Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Rendimiento de las instalaciones térmicas**

Las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 3.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 3.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Determinación de cargas térmicas del edificio, en base a resultados de los cálculos y simulaciones asociados a la Guía Técnica de Apoyo N° 2.
- Análisis económico comparativo entre distintas alternativas de fuentes de energía, considerando costos de inversión y costos de operación.
- Verificación del cumplimiento del requisito de rendimiento de las instalaciones térmicas, según Criterios de Desempeño y comprobación de exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 3.
- Proyecto de calefacción y/o climatización en base a sistema seleccionado.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de rendimiento de las instalaciones térmicas, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño.
- Análisis técnico-económico comparativo entre distintos sistemas térmicos y distintas fuentes de energía.
- Proyecto de calefacción y/o climatización y/o ventilación forzada, según sea pertinente.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de rendimiento de las instalaciones térmicas, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 3.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 4**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

**OBJETIVO**

Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Eficiencia energética de las instalaciones de Iluminación**

Los aparatos de iluminación cumplirán niveles de eficiencia energética y lumínica con el fin de alcanzar un ahorro energético, manteniendo niveles de confort lumínico adecuado para cada recinto del edificio.

La eficiencia lumínica de los aparatos depende del tipo de recinto dentro del edificio, y está dada por valores límites explicitados en la Guía Técnica de Apoyo N°4.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 4.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 4.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con experto en eficiencia energética, desde el inicio del proceso de diseño.
- Zonificación lumínica según requerimientos para distintos usos del edificio, según Guía Técnica de Apoyo N°8.
- Selección de equipos y sistemas de control según Criterios de Desempeño establecido en Guía Técnica de Apoyo N° 4.
- Verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, según Criterios de Desempeño y Comprobación de exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 4.
- Desarrollo de proyecto de iluminación artificial con eficiencia energética.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño.
- Proyecto de iluminación artificial con eficiencia energética.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia energética de las instalaciones de iluminación, según Criterios de desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 4.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 5**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria

**OBJETIVO**

Conseguir un uso racional de la energía necesaria para la utilización de los *edificios*, reduciendo a límites sostenibles su consumo y conseguir asimismo que una parte de este consumo proceda de fuentes de energía renovable, como consecuencia de las características de su *proyecto, construcción, uso y mantenimiento*.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Contribución solar mínima agua caliente sanitaria**

Los edificios tendrán una contribución solar mínima de agua caliente sanitaria, dependiendo del clima local y de la energía solar aportada.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 5.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 5.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con el experto en energía solar térmica, desde el inicio del proceso de diseño.
- Determinación de la demanda de agua caliente sanitaria según tipo de edificación y de radiación solar global según zona climática de emplazamiento del proyecto, de acuerdo a Guía Técnica de Apoyo N° 5.
- Verificación del cumplimiento del requisito de contribución solar mínima al agua caliente sanitaria, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 5.
- Análisis económico comparativo entre distintas alternativas de diseño de sistemas térmicos de ACS, considerando costos de inversión y costos de operación.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de contribución solar mínima al agua caliente sanitaria, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 5.
- Proyecto de energía solar térmica para agua caliente sanitaria, si es pertinente según análisis técnico-económico.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de contribución solar mínima al agua caliente sanitaria, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 5.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 6**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Calidad del aire interior

**OBJETIVO**

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para los usuarios, de acuerdo a las características de uso del edificio y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Calidad del aire interior**

Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los edificios, de manera de aportar un caudal suficiente de aire exterior y garantizar la extracción y expulsión del aire viciado.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 6.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 6.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con experto en ventilación, desde el inicio del proceso de diseño.
- Determinación de valores límites de ventilación para cada tipo de recinto que compone el edificio, según Guía Técnica de Apoyo N° 6.
- Verificación del cumplimiento del requisito de calidad del aire interior, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 6.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de ventilación integradas al proyecto de arquitectura.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de calidad del aire interior, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 6.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de calidad del aire interior, según Criterios de Desempeño y Comprobación de exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 6.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 7**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort higrotérmico

**OBJETIVO**

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para el bienestar de los ocupantes de los edificios, de acuerdo a las características de uso según la tipología de edificación y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Confort higrotérmico**

Los edificios permitirán asegurar el confort higrotérmico de sus ocupantes, definido por indicadores de temperatura y humedad relativa del aire, ya sea por características operativas de los sistemas térmicos, o por características de diseño pasivo del edificio en concordancia con el clima local.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 7.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 7.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en diseño con eficiencia energética y en climatización eficiente, desde el inicio del proceso de diseño.
- Según el análisis de las características climáticas locales y condiciones específicas de uso, definir si el edificio será pasivo, ya sea en invierno y/o verano; o será un edificio calefaccionado y/o refrigerado. La prioridad en la edificación pública será que el edificio sea pasivo, es decir, que no requiera de ningún sistema térmico para alcanzar las condiciones de confort higrotérmico.
- Si el edificio es pasivo en invierno y/o verano; definir propuesta de estrategias de diseño bioclimático/pasivo apropiadas al clima local, que busquen asegurar que el edificio mantendrá condiciones de confort higrotérmico adecuadas para sus ocupantes. Apoyarse en Guías y Manuales de Diseño existentes para definir estrategias de diseño apropiadas al clima y uso de edificio.
- Si el edificio es calefaccionado y/o refrigerado; identificación de temperaturas operativa de invierno y/o verano como parámetros de operación, según Criterios de Desempeño establecidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.
- Verificación del cumplimiento del requisito de confort higrotérmico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño pasivo integradas al proyecto de arquitectura.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort higrotérmico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA TERMINADA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort higrotérmico, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra terminada, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 7.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 8**

**CONFORT AMBIENTAL  
Confort Lumínico**

**OBJETIVO**

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para los usuarios, de acuerdo a las características de uso del edificio y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Confort Lumínico**

Los edificios deberán cumplir con requisitos de iluminación determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas: confort visual, necesidades visuales en relación a las distintas tareas, y rendimiento y bienestar.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 8.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 8.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con expertos en iluminación natural y en iluminación artificial, desde el inicio del proceso de diseño.
- Análisis climático de tipos de cielo y disponibilidad de luz día para la localidad en que se emplaza en proyecto.
- Definición de Criterios de Desempeño por recinto, según Guía Técnica de Apoyo N° 8.
- Propuesta de estrategias de diseño de iluminación natural según clima local y uso del edificio, en base a guías y manuales de diseño de iluminación natural.
- Verificación del cumplimiento del requisito de confort visual, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 8.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño de iluminación natural integradas al proyecto de arquitectura.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort visual, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 8. Este informe debe incluir: Índice del local (K) utilizado en el cálculo, número de puntos considerados, Iluminancia media mantenida (Em), Índice de deslumbramiento.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort visual, según Criterios de Desempeño y métodos Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 8.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 9**

**CONFORT AMBIENTAL  
Confort Acústico**

**OBJETIVO**

Conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, lumínico, acústico y de calidad del aire) adecuadas para los usuarios, de acuerdo a las características de uso del edificio y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Confort Acústico**

Los edificios tendrán características de aislación acústica de ruido aéreo y de ruido impacto, aislamiento acústico de fachadas, y propiedades que permitan asegurar el confort acústico de sus ocupantes.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 9.

**COMPROBACIÓN DE  
EXIGENCIAS**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 9.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario sistemático entre arquitecto consultor y especialistas, en particular con experto en acústica, desde el inicio del proceso de diseño.
- Definición de criterios de desempeño por zona/recinto de acuerdo a Guía Técnica de Apoyo N° 9.
- Propuestas de soluciones arquitectónicas y constructivas que cumplan con los desempeños acústicos requeridos, en trabajo colaborativo entre arquitecto y consultor acústico.
- Verificación del cumplimiento del requisito de confort acústico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 9.
- Proceso iterativo de mejoramiento de los desempeños alcanzados, en base a estrategias de diseño acústico integradas al proyecto de arquitectura.
- Desarrollo de detalles constructivos de soluciones acústicas, en colaboración entre el arquitecto y especialista acústico.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort acústico, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 9.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de confort acústico, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 9.

**Términos de Referencia  
Guía Técnica de Apoyo N° 10**

**AHORRO DE AGUA**

Eficiencia de las instalaciones de agua potable

**OBJETIVO**

Conseguir un uso racional del agua potable, reduciendo el consumo y generando proyectos que incorporen medidas de mejora de eficiencia hídrica.

Reducir la generación de aguas residuales, reutilización de aguas grises y exigencias respecto a la eficiencia de las instalaciones y equipamiento, que sean diseñados con tecnología de ahorro de agua.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto.

**EXIGENCIA BÁSICA**

**Eficiencia de las instalaciones de agua potable**

Los edificios dispondrán de artefactos eficientes que sean relevantes en el cálculo de consumo de agua y que permitan un ahorro de agua.

**Ahorro en el consumo de agua potable**

Se deberá conseguir una disminución de consumo de agua en relación al proyecto base, a través de medidas de disminución del consumo.

**Reciclaje de aguas grises y/o pluviales**

Cada proyecto de instalaciones sanitarias y agua potable deberá entregar un informe de estudio de factibilidad de un sistema de reciclaje de aguas grises, presentando las características de consumo de agua, y que incluya el cálculo de caudal máximo probable de aguas grises, aguas negras y aguas lluvias dependiendo de las características de consumo de agua y precipitaciones promedio mensual esperadas.

**CRITERIOS DE DESEMPEÑO**

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 10.

## COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

Remitirse a Guía Técnica de Apoyo N° 10.

## METODOLOGÍA DE DISEÑO

- Trabajo interdisciplinario entre consultor y especialistas, en particular con experto en eficiencia de agua potable, desde el inicio del proceso de diseño.
- Identificación de sistemas consumidores de agua y análisis comparativo de consumo de agua utilizando artefactos de consumo estándar con artefactos que mejoren la eficiencia hídrica según información en Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia de las instalaciones de agua potable, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Desarrollo de estudio de factibilidad de proyecto de recolección y reciclaje de aguas grises y/o aguas pluviales según zona geográfica del proyecto y siguiendo recomendaciones indicadas en el Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Desarrollo de proyecto de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica.
- Diseño de plan de mantención de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica.

## DOCUMENTOS ETAPA DE DISEÑO

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia de las instalaciones de agua potable, según Criterios de Desempeño, métodos de cálculo y Comprobación de Exigencias en diseño, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 10.
- Proyecto de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica, incluyendo especificaciones técnicas.
- Plan de mantención de instalaciones de agua potable con eficiencia hídrica.

## DOCUMENTOS ETAPA DE OBRA

- Informe de verificación del cumplimiento del requisito de eficiencia de las instalaciones de agua potable, según Criterios de Desempeño y Comprobación de Exigencias en obra, definidos en Guía Técnica de Apoyo N° 10.



***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

## **GUÍAS TÉCNICAS DE APOYO**

**GTA N°1: Diseño Arquitectónico Pasivo**

**GTA N°2: Limitación de la Demanda Energética de Edificios**

**GTA N°3: Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización**

**GTA N°4: Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación**

**GTA N°5: Contribución Solar Mínima de agua Caliente Sanitaria**

**GTA N°6: Calidad del Aire Interior**

**GTA N°7: Confort Higrotérmico**

**GTA N°8: Confort Lumínico**

**GTA N°9: Confort Acústico**

**GTA N°10: Eficiencia de la Instalaciones de Agua Potable**







***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 1**

**Diseño Arquitectónico Pasivo**





Guía Técnica de Apoyo N° 1

DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA</b>	<b>3</b>
2.1	INDICADORES.....	4
<b>3</b>	<b>ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO</b>	<b>4</b>
3.1	ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA DE CHILE (NCH1079.OF2008).....	6
3.2	PARÁMETROS DE ANÁLISIS CLIMÁTICO.....	7
3.3	ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO.....	8
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS</b>	<b>12</b>
5.1	VERIFICACIÓN EN DISEÑO.....	12
5.2	VERIFICACIÓN EN OBRA.....	13
<b>6</b>	<b>GLOSARIO</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIGRAFÍA</b>	<b>17</b>



# TÉRMINOS DE REFERENCIA ESTANDARIZADOS TDR<sub>e</sub> CONFORT AMBIENTAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

---

**Guía Técnica de Apoyo N° 1**

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Zonificación climática de Chile (NCh1079.Of2008) .....6

**Guía Técnica de Apoyo N° 1**

**DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO**

Este documento tiene por objeto establecer guías de diseño orientadas a que el edificio alcance estándares de bienestar para sus ocupantes, demandando un mínimo de energía. Para ello, esta Guía Técnica de Apoyo (GTA) articula criterios de desempeño establecidos en las Guías Técnicas de Apoyo N°2 a la N°9.

El principio fundamental nace de una visión a largo plazo que nos obliga a situarnos en el contexto futuro de escasez y alzas en los precios de los combustibles, unido a los problemas ambientales derivados del aumento en las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) por el consumo de combustibles fósiles, que hacen imprescindible que el sector de edificación pública asuma un compromiso y un liderazgo en eficiencia energética, eficiencia hídrica y aprovechamiento de energías renovables.

Para ello, es fundamental que las primeras estrategias apunten al diseño arquitectónico pasivo, que busca condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para el bienestar de los ocupantes de los edificios, de acuerdo a las características de uso según la tipología de edificación y a las características climáticas locales.

Junto con ello, es importante considerar el concepto de “costo de ciclo de vida” (costo de construcción + costos de operación + costos de mantención durante todo el ciclo de vida del edificio), que reduce el costo total del proyecto y optimiza la inversión inicial.

## **1 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

Este documento aplica para edificios públicos de oficina, educación, salud y seguridad; ya sea nueva construcción, o modificaciones de edificios existentes, con una superficie útil mayor a 1000m<sup>2</sup> donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

## **2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA**

Los edificios tendrán características tales que las condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) se encuentren dentro de un rango establecido por valores límites mínimos y máximos. El arquitecto, en base al trabajo interdisciplinario con los especialistas, debe priorizar que esta exigencia se cumpla a través del comportamiento pasivo del edificio como resultado de sus características de diseño en concordancia con los parámetros de uso y las características climáticas locales. Para ello, el edificio deberá considerar la incorporación de una envolvente térmica que tenga características establecidas por valores límites, con el fin de limitar la demanda de energía.

Si no es posible que el edificio alcance estándares de confort de forma pasiva, se debe recurrir a sistemas activos de calefacción, refrigeración y/o ventilación que tengan características de eficiencia energética establecidas por valores límites, según se indica en la Guía Técnica de Apoyo N°3: “Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización”.

## 2.1 INDICADORES

Los indicadores que caracterizan los aspectos pasivos del edificio son:

- a) **Indicadores de limitación de la demanda de energía:** Transmitancia térmica ( $W/m^2K$ ), Factor solar modificado (s/d), Permeabilidad de aire de Fachada (1/h), Permeabilidad al aire de Ventanas ( $m^3/h$ ), Demanda energética ( $kWh/m^2a$ ) (GTA N°2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”).
- b) **Indicadores de calidad del aire:** Tasa de aire exterior por persona, Tap ( $m^3/h \cdot persona$ ); Tasa de aire exterior por superficie, Tas ( $m^3/h \cdot m^2$ ) (GTA N°6: “Calidad del Aire Interior”).
- c) **Indicadores de confort higrotérmico:** Frecuencia de Temperatura Operativa, Ft (%), dentro de la zona de confort (GTA N°7: “Confort Higrotérmico”).
- d) **Indicadores de confort lumínico:** Iluminancia (lux), uniformidades de la iluminación (s/d), distribución de luminancias ( $cd/m^2$ ), deslumbramiento (s/d), aspecto de color: rendimiento y apariencia (s/d), contribución de luz natural (%), Factor de luz día (%) (GTA N°8: “Confort Lumínico”).
- e) **Indicadores de confort acústico:** Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo (dBA), Aislamiento Acústico a Ruido de Impacto (dBA), Tiempo de Reverberación (s), Inteligibilidad de la Palabra STI (s/d), Nivel de Presión Sonora Corregido, NPC (dBA) (GTA N°9: “Confort Acústico”).

## 3 ESTRATEGIAS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO PASIVO

El diseño arquitectónico pasivo de una edificación pública debe basarse en una completa comprensión del clima en el que está inserto el edificio. La relación entre clima y arquitectura es un aspecto clave en el diseño arquitectónico, pues la obra de arquitectura se beneficia de los aspectos positivos del clima y busca protegerse de sus inclemencias. Según esto, es de vital importancia entender al objeto arquitectónico como un modificador del sistema natural, que es a su vez modificado por las características del medio ambiente en el que se inserta.

En Chile encontramos una gran diversidad climática, por lo que al inicio del proceso de diseño se deberá realizar un análisis que permita caracterizar el clima local y, de esta manera, identificar las estrategias de diseño arquitectónico pasivo apropiadas al clima y a las características de uso del edificio.

Las presentes Guías Técnicas de Apoyo se basan en la Zonificación Climática de Chile de acuerdo a la norma chilena NCh 1079 Of.2008, que identifica nueve zonas climáticas sin incluir a la Antártica ni las islas Salas y Gómez, San Ambrosio y San Félix (Tabla 1).

El proceso de diseño comienza mediante la identificación de la zona climática en la cual se emplaza el proyecto, lo que permite identificar los criterios de desempeños pertinentes establecidos en la Guía Técnica de Apoyo N°2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”.

### 3.1 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA DE CHILE (NCH 1079 OF.2008)

Tabla 1: Zonificación climática de Chile (NCh 1079 Of.2008)

**1 NL Norte Litoral:** Se extiende desde el límite con el Perú hasta el límite norte de la comuna de La Ligua, ocupando la faja costera el lado de la cordillera de la costa, hasta donde se deja sentir directamente el mar. En los valles que rematan los ríos y quebradas se producen penetraciones de esta zona hacia el interior. Ancho variable llegando hasta 50 km aproximadamente.

**2 ND Norte Desértica:** Ocupa la planicie comprendida entre ambas cordilleras (de la Costa y de los Andes). Desde el límite con el Perú hasta la altura de Potrerillos, Pueblos Hundido y Chañaral excluidos. Como límite oriental puede considerarse la línea de nivel 3000 m aproximadamente.

**3 NVT Norte Valles Transversales:** Ocupa la región de los cordones y valles transversales al oriente de la zona NL excluida la Cordillera de los Andes por sobre 400 m y desde Pueblo Hundido hasta el valle del río Aconcagua, excluido.

**4 CL Central Litoral:** Cordón costero continuación zona NL desde el Aconcagua hasta el valle del Bío-Bío excluido. Penetra ampliamente en los anchos valles que abren las desembocaduras de los ríos.

**5 CI Central Interior:** Valle central comprendido entre la zona NL y la precordillera de los Andes por bajo los 1000 m. Por el N comienza con el valle del Aconcagua o por el S llega hasta el valle del Bío-Bío excluido.

**6 SL Sur Litoral:** Continuación de zona CL desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Variable en anchura, penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan.

**7 SI Sur Interior:** Continuación de zona CI desde el Bío-Bío incluido, hasta la ensenada de Reloncaví. Hacia el E, hasta la Cordillera de los Andes por debajo de los 600 m aproximadamente.

**8 SE Sur Extremo:** La constituye la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta Tierra del Fuego. Contiene una parte continental hacia el E.

**9 An Andina:** Comprende la faja cordillerana y precordillerana superior a los 3000 m de altitud en el Norte (Zona Altiplánica) que bajando paulatinamente hacia el Sur se pierde al Sur de Puerto Montt. > 900 m de altitud.



## 3.2 PARÁMETROS DE ANÁLISIS CLIMÁTICO

El análisis de las condiciones climáticas del contexto específico es la base para definir las estrategias generales de diseño pasivo de edificaciones públicas, aplicadas a cada una de las zonas climáticas de Chile.

Para poder caracterizar un clima, es necesario considerar los distintos parámetros climáticos que lo componen, los cuales son: temperatura, humedad, radiación solar, viento, nubosidad y pluviometría. Estos parámetros nos ayudan a entender el comportamiento del medio natural en que se emplaza un proyecto, de modo de saber qué ventajas podemos aprovechar y de qué elementos climáticos es necesario protegerse, puesto que afectarán el bienestar de los ocupantes.

### 3.2.1 TEMPERATURA

Se refiere a la radiación solar que es acumulada por el suelo y luego entregada al aire como radiación infrarroja. La temperatura normalmente es medida como temperatura relativa del aire en grados Celsius (°C). Cuando se habla de temperatura interior de un recinto se debe considerar la temperatura del aire y la temperatura radiante de los muros. Es importante también considerar las temperaturas máximas, medias y mínimas, así como las oscilaciones térmicas diarias y estacionales.

### 3.2.2 HUMEDAD

Se refiere a la cantidad de vapor de agua que contiene el aire. El aire, al aumentar su temperatura, es capaz de contener una mayor cantidad de agua; este factor es entendido como humedad relativa del aire. El aire contiene una mayor cantidad de vapor de agua si se encuentra cerca de fuentes de agua como el mar o lagos, y menor cantidad si se trata de climas áridos o desérticos. La humedad del aire influye en la sensación térmica y en la posibilidad de condensación. En climas con alta humedad relativa y bajas temperaturas invernales existen mayores riesgos de ocurrencia de condensación en los elementos constructivos.

### 3.2.3 RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar depende de la inclinación con que llegan los rayos del sol a la superficie de la tierra y del ángulo en que se encuentra respecto del norte. Las estaciones del año se diferencian por el ángulo de inclinación de los rayos del sol, lo que afecta a la cantidad de energía que llega efectivamente a la tierra. Es por esto que en Chile existen diferencias entre la radiación solar en verano (mayor) y en invierno (menor). Estos datos dependen del azimut y la altitud del sol respecto del cenit.

### 3.2.4 ASOLEAMIENTO

Se refiere a la trayectoria solar que recibe el sitio donde se proyecta el edificio, y los espacios interiores del edificio ya construido. La incidencia del asoleamiento depende de la ubicación del proyecto con respecto al sol. Para conocer esta información es recomendable utilizar la carta solar del lugar en estudio, la que depende de la latitud.

### 3.2.5 VIENTOS PREDOMINANTES

Los vientos son movimiento de aire debido a diferencias de presión en la atmósfera. Los parámetros de viento son velocidad, dirección y frecuencia. La velocidad se refiere a la rapidez con que se mueve una masa de aire, puede ser medida en (km/h) y en (m/s). La dirección desde la que sopla el viento se mide con respecto a los puntos cardinales y es expresada en grados desde el norte geográfico. La rosa de los vientos ilustra la frecuencia con que el viento sopla desde una dirección determinada y se expresa en horas.

### 3.2.6 NUBOSIDAD

Es la cantidad de días cubiertos y la extensión de cielo cubierto por nubes. Este factor no siempre está documentado en los informes climáticos, por lo que se recomienda la observación del cielo y consultar datos con los habitantes de la zona. Este factor se relaciona con la radiación solar disponible y la calidad y cantidad de iluminación natural. En iluminación se utiliza el concepto de tipos de cielo, que se refiere a la definición hecha por la Comisión internacional de iluminación (CIE) donde se establecen cuatro niveles de nubosidad.

### 3.2.7 PRECIPITACIONES

Las precipitaciones son el agua que cae sobre la tierra, en cualquiera de sus formas: lluvia, nieve, aguanieve, granizos. Esta clasificación no incluye la neblina ni el rocío. La cantidad de precipitaciones que cae en un lugar en un tiempo determinado se llama pluviosidad, y se mide en litro por metro cuadrado de agua caída ( $l/m^2$ ), pero se presentan en milímetros pues un litro sobre un metro cuadrado tiene una altura de 1mm. La información se entrega normalmente como promedio mensual de precipitaciones. Este factor es determinante al diseñar la envolvente de los edificios y se ve relacionado con la velocidad y dirección del viento.

## 3.3 ESTRATEGIAS GENERALES DE DISEÑO

Una vez que se ha logrado un buen análisis de las características climáticas y microclimáticas del emplazamiento del proyecto, se deben tomar decisiones de diseño para aprovechar las ventajas del clima y minimizar sus desventajas.

### 3.3.1 ORIENTACIÓN

La orientación de los edificios determina en gran parte la demanda energética de calefacción y refrigeración de éste en el futuro. Una buena orientación podría minimizar considerablemente las demandas energéticas a través del control de las ganancias solares.

Para edificaciones públicas, que se caracterizan por altas ganancias internas generadas por usuarios, equipos e iluminación, se recomienda – siempre que sea posible – una orientación norte-sur de sus fachadas principales, ya que esto facilita las estrategias de protección de fachadas.

Las distintas fachadas de una edificación pública tienen diferentes condiciones de asoleamiento, por lo que pueden ser tratadas según las estrategias que se detallan a continuación:

- a) **Norte:** Una fachada orientada al norte recibe la radiación solar durante la mayor parte del día, dependiendo de la latitud a la que se encuentre y la época del año. En invierno el sol se encuentra más bajo con respecto al cenit, por lo que tendrá una mayor penetración a través de superficies acristaladas. Esta fachada se puede sombrear fácilmente en verano con protecciones horizontales como aleros.
- b) **Este:** La fachada este recibirá el sol por la mañana tanto en invierno como en verano. El sol es bajo, ya que recién se asoma por el horizonte. La presencia de superficies acristaladas en esta fachada puede generar sobrecalentamiento en determinados climas si no es protegida.
- c) **Sur:** Esta fachada no recibe radiación solar en forma directa durante gran parte del año. Sólo en verano puede recibir algo de sol, dependiendo de la latitud. Debido a lo anterior, la fachada sur no requiere de protección solar. Sin embargo, dependiendo del clima en que se emplace el proyecto, las superficies acristaladas de esta fachada deben lograr un adecuado balance que evite excesivas pérdidas de calor y logre una adecuada iluminación natural.
- d) **Oeste:** La fachada oeste recibe radiación solar durante la tarde, lo que coincide con las más altas temperaturas del día. Debido a lo anterior, esta fachada tiene los mayores riesgos de sobrecalentamiento en verano, por lo que es necesario proteger las superficies acristaladas que se encuentran sobre ésta. Las protecciones solares pueden ser exteriores, interiores, móviles, fijas o incluso puede ser un vidrio con control solar.

### 3.3.2 FACTOR DE FORMA

La volumetría de un edificio debe estar relacionada con el clima en que éste se encuentre y el programa de uso que contiene. Para cumplir con lo anterior, el arquitecto debe tener muy claro si el edificio busca conservar el calor dentro de sí o disiparlo al ambiente.

El factor de forma es una ecuación simple que relaciona la superficie envolvente con el volumen envuelto. Un factor de forma bajo, significa que el edificio tiene menor superficie envolvente y, por lo tanto, menos pérdidas de calor.

Para reducir al máximo las pérdidas de calor no deseadas, se recomienda minimizar la superficie envolvente. Esto influye, además, en una buena protección térmica y contra el viento. En el caso de que se quisiera que el edificio perdiera calor por su envolvente, por ejemplo en climas cálidos, se recomienda aumentar el factor de forma.

Los volúmenes pequeños suelen tener un factor de forma mayor que los grandes edificios, especialmente si son de un solo nivel. En el caso de que no se pueda modificar el factor de forma de un edificio – debido a requerimientos funcionales – se debe prestar más atención a la calidad de la envolvente (en climas fríos) y al control de la radiación solar (ya sea aprovechándola en climas fríos o controlándola en climas cálidos).

### 3.3.3 ZONIFICACIÓN INTERIOR

Con esta estrategia se busca organizar los espacios que contiene un edificio de acuerdo a sus necesidades de calefacción, iluminación natural y confort acústico.

Normalmente un edificio contiene espacios con distintos usos, cuyas necesidades son distintas: oficinas, salas de reuniones, baños, bodegas, etc.; por lo tanto, deben ubicarse en distintas zonas del edificio. Por ejemplo, una sala de reuniones con proyección de imágenes no necesita la entrada de luz natural directa, por lo que sería mejor ubicarla en el sur del edificio; del mismo modo, sería también necesario aislarla de los ruidos exteriores.

### 3.3.4 PROTECCIÓN DEL ACCESO

En climas fríos o templados es necesario proteger los accesos a los edificios de las temperaturas exteriores y del viento en invierno. Con este fin se recomienda que la entrada a los edificios sea por un espacio cerrado o vestíbulo configurado por dobles puertas. Esta estrategia permite que el acceso actúe como una zona de transición que evita excesivas pérdidas de calor por ventilación. En zonas con lluvias, es necesario además crear un espacio donde la gente pueda guarecerse antes de ingresar a los edificios.

### 3.3.5 ESTRATEGIAS DE CALENTAMIENTO PASIVO

Las estrategias de invierno se orientan al calentamiento pasivo de los espacios, pero es importante discriminar si las características climáticas y de uso del edificio resultan en que estas estrategias sean pertinentes o no. Por lo anterior, es importante tener presente que los edificios públicos tienen altas ganancias de calor interno debido a su alta densidad de ocupación.

Las estrategias de calentamiento pasivo en invierno consisten en captar la radiación solar a través de una orientación principalmente norte, almacenar el calor en la masa térmica de la estructura del edificio y principalmente conservar el calor a través de una envolvente aislada y hermética.

### 3.3.6 ESTRATEGIAS DE ENFRIAMIENTO PASIVO

Las estrategias de verano se orientan al enfriamiento pasivo de los espacios, a través de una adecuada protección solar que contemple las diferentes orientaciones de los recintos, la ventilación natural y el enfriamiento pasivo evaporativo en aquellos casos en que el clima local lo permita.

### 3.3.7 ESTRATEGIAS DE VENTILACIÓN NATURAL

Las estrategias de ventilación deberán considerarse tanto para invierno como para verano, donde en invierno tienen como objetivo asegurar la calidad del aire interior, mientras que en verano debe además asegurar el confort térmico de sus ocupantes. Las estrategias de ventilación deberán considerar aspectos climáticos como velocidad y dirección de los vientos predominantes, además del régimen de temperaturas.

### 3.3.8 ESTRATEGIAS DE ILUMINACIÓN NATURAL

Las estrategias de iluminación natural deberán apuntar a captar la luz natural, transmitirla, distribuirla uniformemente en los espacios, y controlar el riesgo de deslumbramiento. Se deberán considerar aspectos climáticos, como el tipo de cielo predominante en el contexto climático local.

### 3.3.9 MATERIALIDAD

La elección e instalación de materiales y diseño de detalles constructivos deben estar orientadas a garantizar una construcción perdurable, adaptada a las distintas condiciones ambientales del lugar, al uso intenso a que se somete este tipo de edificios y al costo controlado de construcción, operación y mantención.

## 4 PROCEDIMIENTO

Las estrategias de diseño deben ser adecuadamente seleccionadas e integradas al proyecto como resultado del trabajo interdisciplinario entre el consultor y los especialistas. Este trabajo interdisciplinario debe comenzar al inicio del proceso de diseño, que es el momento clave donde es posible incorporar estrategias pasivas adecuadas al contexto climático y a las características de uso del edificio. La tardía incorporación de los especialistas en el proceso de diseño limita considerablemente las posibilidades de lograr un diseño arquitectónico pasivo, dejando sólo espacio para incorporar sistemas activos, que como se indicó antes en este documento, es un objetivo secundario dentro del proceso de diseño pasivo con eficiencia energética de edificaciones públicas.

Los procedimientos para comprobar el cumplimiento de las exigencias relacionadas al desempeño pasivo del edificio son los siguientes:

#### 4.1 LIMITACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA Y CONFORT HIGROTÉRMICO

Para aquellos edificios cuya superficie de construcción sea menor o igual a 700m<sup>2</sup>, sólo deberá verificarse el cumplimiento de las exigencias impuestas para la especificación de elementos de envolvente en cada zona climática, mediante el método simplificado expuesto en la sección 4.1 de la Guía Técnica de Apoyo N°2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”.

Para aquellos edificios cuya superficie de construcción sobrepase los 700m<sup>2</sup>, se deberá aplicar un proceso iterativo de simulaciones para estimar la demanda de energía de calefacción y refrigeración (Guía Técnica de Apoyo N°2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”), o bien frecuencias de temperaturas dentro de la zona de confort higrotérmico para el caso de edificios pasivos (Guía Técnica de Apoyo N°7: “Confort Higrotérmico”). Se deberá limitar la demanda energética del edificio, estimando dicha demanda por medio de simulación computacional de desempeño, a través del uso de software de especialidad (GTA N°2 y GTA N°7).

#### 4.2 CALIDAD DEL AIRE

Para el dimensionamiento y/o verificación de exigencias de calidad del aire, se podrá utilizar el método de cálculo directo que define el capítulo 4 de la Guía Técnica de Apoyo N°6: Calidad del Aire Interior” o un programa informático basado en métodos de cálculo aceptados.

#### 4.3 CONFORT LUMÍNICO

Para verificar el cumplimiento de los indicadores de confort lumínico, se deben realizar cálculos directos y métodos de simulación con software, según se detalla en el capítulo 4 de la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico”.

#### 4.4 CONFORT ACÚSTICO

Para comprobar las exigencias de confort acústico, se deberán presentar informes de ensayo, soluciones de listados oficiales, y realizar simulaciones numéricas, según lo detallado en Guía Técnica de Apoyo N°9: “Confort Acústico”.

### 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

#### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO

En la fase de diseño, se deberá comprobar que se cumplen los criterios de desempeño establecidos en las siguientes Guías Técnicas, a través de los métodos de cálculo establecidos en cada una de ellas:

- GTA N°2: “Limitación de la demanda energética de edificios”.
- GTA N°6: “Calidad del aire interior”.
- GTA N°7: “Confort higrotérmico”.
- GTA N°8: “Confort lumínico”.
- GTA N°9: “Confort acústico”.

Si no se cumplen estos criterios a través de las estrategias de diseño arquitectónico pasivo, se deberá recurrir a sistemas activos de calefacción, refrigeración y/o ventilación según sea pertinente, cuidando de cumplir con los criterios de desempeño establecidos en la Guía Técnica de Apoyo N°3: “Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización”, a través de los métodos de cálculo allí detallados.

## 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA

En la fase de obra, se deberá comprobar que se cumplen los criterios de desempeño establecidos en las siguientes Guías Técnicas, a través los métodos establecidos en cada una de ellas:

- GTA N°2: “Limitación de la demanda energética de edificios”.
- GTA N°6: “Calidad del aire interior”.
- GTA N°7: “Confort higrotérmico”.
- GTA N°8: “Confort lumínico”.
- GTA N°9: “Confort acústico”.

## 6 GLOSARIO

**Abertura de admisión:** Abertura de ventilación que sirve para la admisión, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de admisión.

**Abertura de extracción:** Abertura de ventilación que sirve para la extracción, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de extracción.

**Absorción acústica:** Es el fenómeno físico que se describe a través del porcentaje de la energía sonora, que se transforma en calor (disipación) cuando ésta incide en una superficie. La capacidad de los materiales para absorber el sonido se cuantifica mediante el coeficiente de absorción, que varía desde 0 a 1.

**Aislamiento acústico:** Propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora de un recinto a otro.

**Confort higrotérmico:** Manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente.

**Demanda energética:** La cantidad de energía (en kW·h/m<sup>2</sup>·año) requerida para calefaccionar o refrigerar un espacio o edificio, para compensar el efecto de las cargas térmicas y mantener una condición de temperatura o confort térmico interior en base a los requerimientos individuales de cada espacio. Se diferencia del consumo energético en que este último resulta ser mayor al considerar la energía efectiva utilizada para cumplir ese objetivo, al incorporar en el cálculo energético la eficiencia del sistema de climatización utilizado, considerando el tipo de fuente de energía primaria, el tipo de instalación y sus pérdidas por distribución.

**Demanda energética de calefacción:** Medida de la eficiencia energética ponderada, en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para calefacción.

**Demanda energética de refrigeración:** Medida de la eficiencia energética ponderada en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para refrigeración.

**Deslumbramiento:** La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado.

**Edificio pasivo:** Edificio que no dispone de un sistema de calefacción y refrigeración, por lo que el control térmico lo realizan los ocupantes a través de la apertura y cierre de ventanas.

**Envolvente térmica:** El conjunto de elementos y componentes constructivos que limitan térmicamente los espacios interiores de las condiciones del ambiente exterior de un edificio, definiendo el grado y forma de interacción entre ellos. Está constituida principalmente por los elementos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

**Hermeticidad:** La calidad de estanqueidad de un cerramiento o componente al paso del aire, lograda por medio de su sellado o fusión.

**Iluminancia:** Flujo incidente por unidad de área en una superficie iluminada.

**Infiltración:** Considerada como contribución en el proceso de ventilación, se produce a través de los sellos de una construcción por los defectos constructivos de diseño y ejecución. Medida como tasa de flujo volumétrico de aire exterior hacia el interior de un edificio, el proceso de infiltración se produce de manera no controlada, a diferencia de la ventilación.

**Luminancia:** Se define como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie. Cuando las superficies son iluminadas, la luminancia depende del nivel de iluminación y de las características de reflexión de la propia superficie.

**Masa térmica:** Sistema material con un potencial de acumulación de calor, caracterizado generalmente por un espesor considerable, un elevado calor específico volumétrico y una conductividad térmica moderada. Ello permite la distribución gradual de la energía a través del material y, dado que requiere una cantidad importante de energía para elevar su temperatura, el control de las oscilaciones térmicas extremas mediante el fenómeno de inercia térmica.

**Modelo de confort adaptativo:** Modelo que relaciona rangos de temperaturas interiores aceptables con parámetros climáticos exteriores.

**Puente Acústico:** Discontinuidad de un elemento constructivo que genera una mayor transmisión de la energía acústica.

**Puente térmico:** Sección de la envolvente térmica a través de la cual la transferencia de calor entre el interior y el exterior se produce de forma más expedita debido a una menor resistencia térmica, producida por una discontinuidad en su materialidad o espesor.

**Reverberación:** Es el fenómeno físico de persistencia del sonido en el interior de un recinto, una vez cesada la emisión de la fuente de ruido. Esto a causa de las reflexiones superficiales en el mismo.

**Ruido:** Sonido no deseado, capaz de generar una sensación auditiva desagradable.

**Sonido:** Es cualquier variación de la presión en el aire que pueda generar una sensación auditiva.

**Tiempo de Reverberación:** Es el tiempo en que la energía acústica se reduce a la millonésima parte de su valor inicial (ó 60 dB), una vez cesada la emisión de la fuente sonora.

**Ventilación Híbrida:** Ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural; y cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.

**Ventilación Mecánica:** Ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada.

**Ventilación Natural:** Ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

**Ventilación:** Proceso de renovación del aire de los recintos para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire viciado.

## 7 REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Normalización (INN), (2008), *Arquitectura y construcción: Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico*. NCh 1079 Of.2008. Santiago, Chile.

## 8 BIBLIGRAFÍA

- *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). (2009), ASHRAE Handbook Fundamentals. SI ed., Atlanta, USA.*
- D'ALENCON, R. (2008), *Acondicionamientos: arquitectura y técnica*, Santiago, Ediciones ARQ.
- De Herde, A., & Reiter, S. (2001). *L'éclairage naturel de bâtiments*. Architecture et climat, Faculté de Sciences Appliquées, Université catholique de Louvain.
- Instituto Nacional de Normalización (INN), (2008), *Arquitectura y construcción: Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico*. NCh 1079 Of.2008. Santiago, Chile.
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), C. E. (2005). *Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de Edificios*. Madrid.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). "Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones". D.S. Nº 47/92 MINVU. CHILE.
- Ministerio de Vivienda, (2006), *Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Madrid, España.
- SZOKOLAY, S. (2004), *Introduction to architectural sciences: the basis of sustainable design*. Amsterdam: Elsevier.
- The Department for Children, Schools and Families, (2007), *Building Bulletin 101: Ventilation of School Buildings*. Version 1.4 UK. ISBN 011-2711642
- Vigrán, E. (2008). "Building Acoustics". Taylor & Francis; 1ra Ed.





***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 2**

**Limitación de la Demanda Energética de Edificios**





**Guía Técnica de Apoyo N° 2**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Limitación de la Demanda Energética de Edificios

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....</b>	<b>3</b>
	2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS.....	4
	2.2 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	5
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO .....</b>	<b>6</b>
	3.1 VALORES LÍMITES .....	6
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>16</b>
	4.1 MÉTODO SIMPLIFICADO .....	16
	4.2 SIMULACIÓN COMPUTACIONAL.....	20
<b>5</b>	<b>CONFORMIDAD DE EXIGENCIAS .....</b>	<b>25</b>
	5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO .....	25
	5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.....	26
<b>6</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>27</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>29</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>30</b>
	<b>ANEXO I: CARACTERIZACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA.....</b>	<b>31</b>
	ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA .....	31
	TIPOS DE CERRAMIENTOS.....	32

**Guía Técnica de Apoyo N° 2**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Limitación de la Demanda Energética de Edificios

**ÍNDICE DE TABLAS**

TABLA 1: ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA.....	5
TABLA 2: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 1NL: NORTE LITORAL.....	7
TABLA 3: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 2ND: NORTE DESÉRTICA .....	8
TABLA 4: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 3NVT: NORTE VALLES TRANSVERSALES .....	9
TABLA 5: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 4CL: CENTRAL LITORAL.....	10
TABLA 6: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 5CI: CENTRAL INTERIOR .....	11
TABLA 7: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 6SL: SUR LITORAL .....	12
TABLA 8: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 7SI: SUR INTERIOR.....	13
TABLA 9 VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 8SE: SUR EXTREMO .....	14
TABLA 10: VALORES LÍMITES PARA ZONA CLIMÁTICA 9AN: ANDINA .....	15
TABLA 11: ABSORTIVIDAD DEL MARCO PARA RADIACIÓN SOLAR A .....	17
TABLA 12: FACTOR DE SOMBRA PARA OBSTÁCULOS DE FACHADA (VOLADIZO).....	18
TABLA 13: FACTOR DE SOMBRA PARA OBSTÁCULOS DE FACHADA (RETRANQUEO).....	18
TABLA 14: FACTOR DE SOMBRA PARA OBSTÁCULOS DE FACHADA (LAMAS).....	19
TABLA 15: FACTOR DE SOMBRA PARA OBSTÁCULOS DE FACHADA (TOLDOS).....	19
TABLA 16: TABLA 16: FACTOR DE SOMBRA (LUCERNARIOS).....	20

**Guía Técnica de Apoyo N° 2**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Limitación de la Demanda Energética de Edificios

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica Limitación de Demanda Energética de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

## 1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

La presente Guía Técnica de Apoyo es de aplicación en proyectos de:

Edificios públicos nuevos.

Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m<sup>2</sup> y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

## 2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo de edificios desde su fase inicial de anteproyecto, desarrollando una envolvente de características tales que permita limitar adecuadamente la demanda energética para satisfacer los requerimientos de:

- a) confort térmico de los recintos habitables.
- b) condiciones térmicas de operación, en el caso de recintos no habitables específicos.

Se evaluará la capacidad de los edificios proyectados, tanto en su fase de diseño como durante la obra, para limitar la demanda energética de calefacción y refrigeración, en función del clima de la localidad en que se ubica el edificio (sección 2.2) y de la carga interna en sus espacios (apartado 4.2.5), de este documento.

La demanda energética resultante deberá ser igual o inferior a la correspondiente a un edificio caracterizado por parámetros ajustados a los valores límites (sección 3.1).

La comprobación del cumplimiento de valores límites de la demanda energética del edificio objeto deberá verificarse a través de su comparación con la demanda energética del edificio de referencia. La referencia de demanda energética será aquella resultante del mismo edificio, caracterizado por parámetros de cerramientos que componen su envolvente térmica de valor igual a los límites para su zona.

## 2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS

Los parámetros que definen la calidad de la envolvente térmica se agrupan en los siguientes indicadores, definiéndose valores límites para el diseño de elementos particulares:

- a) Transmitancia térmica ( $W/m^2K$ )
  - Transmitancia térmica de cubiertas, **Uc**
  - Transmitancia térmica de muros de fachada, **Um**
  - Transmitancia térmica de cerramientos en contacto con el terreno, **Ut**
  - Transmitancia térmica de pisos en contacto con el terreno, **Upt**
  - Transmitancia térmica de pisos ventilados, **Upv**
  - Transmitancia térmica de vanos, **Uv**
  - Transmitancia térmica de puentes térmicos, **Up**
  - Transmitancia térmica ponderada envolvente vertical, **Upev**
- b) Área de influencia de puentes térmicos (%)
  - Área de influencia de puentes térmicos por vanos, **Ap**
- c) Factor solar modificado (s/d)
  - Factor solar modificado de vanos, **Fv**
  - Factor solar modificado de lucernarios, **FI**
- d) Recambios de aire por infiltración (1/h)
  - Infiltración de aire a través de la envolvente a 4 Pa, **Fi**
- e) Permeabilidad al aire de ventanas ( $m^3/h$ )
  - Permeabilidad al aire de ventanas a 100 Pa, **Pv**
- f) Demanda energética ( $kWh/m^2a$ )
  - Demanda energética de calefacción, **Dec**
  - Demanda energética de refrigeración, **Der**

## 2.2 ZONIFICACIÓN CLIMÁTICA

Se establecerá la zona climática conforme a la ubicación del edificio, utilizando como referencia la Norma Chilena NCh 1079 Of. 2008. La presente versión de esta norma distingue 9 zonas climáticas:

Tabla 1: Zonificación climática



Zona	Localización
1NL	<b>Norte litoral:</b> se extiende desde el límite con el Perú hasta el límite norte de la comuna de La Ligua, ocupando la faja costera el lado de la cordillera de la costa, hasta donde se deja sentir directamente el mar. En los valles que rematan los ríos y quebradas se producen penetraciones de esta zona hacia el interior. Ancho variable llegando hasta 50 km aproximadamente
2ND	<b>Norte desértica:</b> ocupa la planicie comprendida entre ambas cordilleras (de la Costa y de los Andes). Desde el límite con el Perú hasta la altura de Potrerillos, Pueblos Hundido y Chañaral excluidos. Como límite oriental puede considerarse la línea de nivel 3000 m aproximadamente.
3NVT	<b>Norte valles transversales:</b> ocupa la región de los cordones y valles transversales al oriente de la zona NL excluida la Cordillera de los Andes por sobre 400 m y desde Pueblo Hundido hasta el valle del río Aconcagua, excluido.
4CL	<b>Central litoral:</b> cordón costero continuación zona NL desde el Aconcagua hasta el valle del Bío-Bío excluido. Penetra ampliamente en los anchos valles que abren las desembocaduras de los ríos.
5CI	<b>Central interior:</b> valle central comprendido entre la zona NL y la precordillera de los Andes por bajo los 1000 m. Por el N comienza con el valle del Aconcagua o por el S llega hasta el valle del Bío-Bío excluido.
6SL	<b>Sur litoral:</b> Continuación de zona CL desde el Bío-Bío hasta Chiloé y Puerto Montt. Variable en anchura, penetrando por los valles de los numerosos ríos que la cruzan.
7SI	<b>Sur interior:</b> continuación de zona CI desde el Bío-Bío incluido, hasta la ensenada de Reloncaví. Hacia el E, hasta la Cordillera de los Andes por debajo de los 600 m aproximadamente.
8SE	<b>Sur extremo:</b> La constituye la región de los canales y archipiélagos desde Chiloé hasta Tierra del Fuego. Contiene una parte continental hacia el E.
9AN	<b>Andina:</b> comprende la faja cordillerana y precordillerana superior a los 3000 m de altitud en el Norte (Zona Altiplánica) que bajando paulatinamente hacia el Sur se pierde al Sur de Puerto Montt. > 900 m de altitud.

Fuente: NCh 1079 Of. 2008

### 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

En éste punto se establecen valores límites de parámetros de Transmitancia Térmica, Factores Solares de Vanos y Permeabilidad al Aire para los edificios.

#### 3.1 VALORES LÍMITES

A continuación se presentan los valores límites de Transmitancia Térmica, Factores Solares de Vanos y Permeabilidad al Aire para cada zona climática.

Zona Climática 1NL: NORTE LITORAL

Tabla 2: Valores Límites para Zona Climática 1NL: NORTE LITORAL

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
<i>Parámetros Característicos Medios</i>	<i>Valor U</i>
Transmitancia límite de cubierta	0,80
Transmitancia límite de muro de fachada	2,00
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	2,00
Transmitancia límite de pisos ventilados	3,00
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	2,00
Transmitancia límite de puente térmico	3,30
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	5,00

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos	<i>N</i>	<i>E/O</i>	<i>S</i>	<i>NE/NO</i>
0 a 10	5,70	5,70	5,70	5,70
11 a 20	5,70	5,70	5,30	5,70
21 a 30	5,70	5,20	5,00	5,70
31 a 40	5,60	5,00	4,80	5,60
41 a 50	5,50	4,50	4,70	5,50
51 a 60	5,20	4,30	4,50	5,20
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos	<i>Baja Carga Interna</i>			<i>Alta Carga Interna</i>		
	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	-	-	-	0,54	-	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,60	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,10						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
<i>Cambios de aire (1/h) a 4 Pa</i>	<i>CON Sistema Mecánico de Ventilación</i>	<i>SIN Sistema Mecánico de Ventilación</i>
		1,2

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
<i>Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja</i>	7a (reforzada), 10a (especial), 30a (normal), 60a (mínimo)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 2ND: NORTE DESÉRTICA

Tabla 3: Valores Límites para Zona Climática 2ND: NORTE DESÉRTICA

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia límite de cubierta	0,40
Transmitancia límite de muro de fachada	0,50
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia límite de pisos ventilados	0,70
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia límite de puente térmico	1,00
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	1,70

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	3,50	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,50	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,30	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	0,54	-	-
31 a 40	-	-	-	0,50	-	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,55	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,50	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,30						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 4 Pa	CON Sistema mecánico de ventilación	SIN Sistema mecánico de ventilación
		1,2

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	7a (reforzada), 10a (especial), 30a (normal)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 3NVT: NORTE VALLES TRANSVERSALES

Tabla 4: Valores Límites para Zona Climática 3NVT: NORTE VALLES TRANSVERSALES

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
<i>Parámetros Característicos Medios</i>	<i>Valor U</i>
Transmitancia límite de cubierta	0,60
Transmitancia límite de muro de fachada	0,80
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia límite de pisos ventilados	1,20
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia límite de puente térmico	1,30
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	2,30

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos	<i>N</i>	<i>E/O</i>	<i>S</i>	<i>NE/NO</i>
0 a 10	3,50	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,50	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,30	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos	<i>Baja Carga Interna</i>			<i>Alta Carga Interna</i>		
	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	0,54	-	-
31 a 40	-	-	-	0,50	-	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,60	0,49
51 a 60	-	-	-	0,50	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,38						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
<i>Cambios de aire (1/h) a 4 Pa</i>	<i>CON Sistema mecánico de ventilación</i>	<i>SIN Sistema mecánico de ventilación</i>
		0,7

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
<i>Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja</i>	7a (reforzada), 10a (especial), 30a (normal)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 4CL: CENTRAL LITORAL

Tabla 5: Valores Límites para Zona Climática 4CL: CENTRAL LITORAL

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia límite de cubierta	0,60
Transmitancia límite de muro de fachada	0,80
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia límite de pisos ventilados	1,20
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,80
Transmitancia límite de puente térmico	1,30
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	2,30

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	3,50	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,50	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,30	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	0,54	-	0,57
31 a 40	-	-	-	0,42	0,58	0,45
41 a 50	0,50	-	0,53	0,35	0,49	0,43
51 a 60	0,42	0,42	0,46	0,30	0,43	0,40
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,38						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 4 Pa	CON Sistema mecánico de ventilación	SIN Sistema mecánico de ventilación
		0,7

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	7a (reforzada), 10a (especial), 30a (normal)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 5CI: CENTRAL INTERIOR

Tabla 6: Valores Límites para Zona Climática 5CI: CENTRAL INTERIOR

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
Parámetros Característicos Medios	Valor U
Transmitancia límite de cubierta	0,40
Transmitancia límite de muro de fachada	0,60
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia límite de pisos ventilados	0,80
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia límite de puente térmico	1,00
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	1,72

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	3,50	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,50	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,30	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	0,50	-	-
31 a 40	-	-	-	0,50	0,60	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,55	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,50	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,29						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
Cambios de aire (1/h) a 4 Pa	CON Sistema mecánico de ventilación	SIN Sistema mecánico de ventilación
		0,6

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja	7a (reforzada), 10a (especial)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 6SL: SUR LITORAL

Tabla 7: Valores Límites para Zona Climática 6SL: SUR LITORAL

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
<i>Parámetros Característicos Medios</i>	<i>Valor U</i>
Transmitancia límite de cubierta	0,40
Transmitancia límite de muro de fachada	0,60
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia límite de pisos ventilados	0,80
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,60
Transmitancia límite de puente térmico	1,00
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	1,72

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
<i>% Vanos</i>	<i>N</i>	<i>E/O</i>	<i>S</i>	<i>NE/NO</i>
0 a 10	3,50	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,50	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,30	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
<i>% Vanos</i>	<i>Baja Carga Interna</i>			<i>Alta Carga Interna</i>		
	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	0,54	-	0,57
31 a 40	-	-	-	0,42	0,58	0,45
41 a 50	-	-	-	0,35	0,49	0,37
51 a 60	-	-	-	0,30	0,43	0,32
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,29						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
<i>Cambios de aire (1/h) a 4 Pa</i>	<i>CON Sistema mecánico de ventilación</i>	<i>SIN Sistema mecánico de ventilación</i>
		0,6

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
<i>Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja</i>	7a (reforzada), 10a (especial)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 7SI: SUR INTERIOR

Tabla 8: Valores Límites para Zona Climática 7SI: SUR INTERIOR

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
<i>Parámetros Característicos Medios</i>	<i>Valor U</i>
Transmitancia límite de cubierta	0,30
Transmitancia límite de muro de fachada	0,50
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia límite de pisos ventilados	0,70
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,50
Transmitancia límite de puente térmico	0,95
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	1,43

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos	<i>N</i>	<i>E/O</i>	<i>S</i>	<i>NE/NO</i>
0 a 10	3,10	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,10	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,30	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos	<i>Baja Carga Interna</i>			<i>Alta Carga Interna</i>		
	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	-	-	-	0,54	0,60	0,56
41 a 50	0,50	-	0,53	0,45	0,56	0,49
51 a 60	0,42	0,42	0,46	0,40	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,36						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
<i>Cambios de aire (1/h) a 4 Pa</i>	<i>CON Sistema mecánico de ventilación</i>	<i>SIN Sistema mecánico de ventilación</i>
		0,6

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
<i>Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja</i>	7a (reforzada), 10a (especial)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 8SE: SUR EXTREMO

Tabla 9 Valores Límites para Zona Climática 8SE: SUR EXTREMO

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE	
<i>Parámetros Característicos Medios</i>	<i>Valor U</i>
Transmitancia límite de cubierta	0,25
Transmitancia límite de muro de fachada	0,40
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno	0,40
Transmitancia límite de pisos ventilados	0,50
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno	0,40
Transmitancia límite de puente térmico	0,70
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales	1,15

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
<i>% Vanos</i>	<i>N</i>	<i>E/O</i>	<i>S</i>	<i>NE/NO</i>
0 a 10	3,50	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,50	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,40	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
<i>% Vanos</i>	<i>Baja Carga Interna</i>			<i>Alta Carga Interna</i>		
	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>	<i>E / O</i>	<i>N</i>	<i>NE / NO</i>
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	-	-	-	0,54	-	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,60	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,54	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,20						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
<i>Cambios de aire (1/h) a 4 Pa</i>	<i>CON Sistema mecánico de ventilación</i>	<i>SIN Sistema mecánico de ventilación</i>
		0,5

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
<i>Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja</i>	7a (reforzada)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

Zona Climática 9AN: ANDINA

Tabla 10: Valores Límites para Zona Climática 9AN: ANDINA

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - ENVOLVENTE				
<i>Parámetros Característicos Medios</i>				<i>Valor U</i>
Transmitancia límite de cubierta				0,25
Transmitancia límite de muro de fachada				0,30
Transmitancia límite de pisos en contacto con el terreno				0,35
Transmitancia límite de pisos ventilados				0,40
Transmitancia límite de cerramiento en contacto con el terreno				0,30
Transmitancia límite de puente térmico				0,50
Transmitancia ponderada límite paramentos verticales				0,87

TRANSMITANCIA TÉRMICA MÁXIMA (U) - VANOS (POR ORIENTACIÓN)				
% Vanos	N	E/O	S	NE/NO
0 a 10	3,50	3,50	3,50	3,50
11 a 20	3,50	3,50	3,00	3,50
21 a 30	3,50	2,90	2,50	3,50
31 a 40	3,40	2,60	2,20	3,40
41 a 50	3,20	2,50	2,10	3,20
51 a 60	3,00	2,30	1,90	3,00
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética			

FACTOR SOLAR MODIFICADO - VANOS (POR ORIENTACIÓN)						
% Vanos	Baja Carga Interna			Alta Carga Interna		
	E / O	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO
0 a 10	-	-	-	-	-	-
11 a 20	-	-	-	-	-	-
21 a 30	-	-	-	-	-	-
31 a 40	-	-	-	0,54	0,54	0,56
41 a 50	-	-	-	0,45	0,49	0,49
51 a 60	-	-	-	0,40	0,43	0,43
> 60	Deberá cumplir con las exigencias de Eficiencia Energética					
Factor solar modificado límite de lucernarios = 0,10						

INFILTRACIONES - ENVOLVENTE		
<i>Cambios de aire (1/h) a 4 Pa</i>	<i>CON Sistema mecánico de ventilación</i>	<i>SIN Sistema mecánico de ventilación</i>
		0,4

PERMEABILIDAD AL AIRE - VENTANAS	
<i>Clase aceptable de permeabilidad al aire por superficie de hoja</i>	7a (reforzada)

Fuente: Elaboración propia con información obtenida de NCh 1079 Of. 2008

## 4 PROCEDIMIENTO

Para aquellos edificios cuyas superficies de construcción sean menores o iguales a 700 m<sup>2</sup>, sólo deberá verificarse el cumplimiento de las exigencias impuestas para la especificación de elementos de envolvente en cada zona climática, mediante el procedimiento simplificado expuesto en la sección 4.1 del presente documento. De este modo, se deberá cumplir con el estándar prescriptivo informado en la sección 3.1.

En edificios cuya superficie de construcción sobrepase los 700 m<sup>2</sup>, se deberá aplicar un proceso iterativo de simulaciones computacionales para limitar la demanda de energía de calefacción y refrigeración, dando cumplimiento a lo señalado en todas las secciones del capítulo 4 de este documento. Se deberá estimar la demanda energética del edificio a través del uso de software de especialidad (ver apartado 4.2.6).

Así, esta evaluación se realizará mediante la comparación del estándar prescriptivo - en el caso de superficies inferiores a 700 m<sup>2</sup> - y del desempeño potencial del edificio - en el caso de superficies sobre 700 m<sup>2</sup> -, en dos situaciones:

- a) **Modelo de Referencia:** elaborado según diseño del edificio en estudio, en cuanto a forma, tamaño, zonificación interior y programa de recintos, además de considerar los mismos obstáculos remotos. La elaboración del modelo deberá considerar una especificación ajustada a los requerimientos mínimos sobre calidad constructiva de los componentes de envolvente (transmitancias térmicas y permeabilidad al aire) y elementos de control de la radiación solar (factor solar modificado) que den cumplimiento a las exigencias contenidas en la sección 3.1.
- b) **Modelo de Proyecto:** manteniendo la forma y tamaño del edificio de referencia, este modelo se deberá elaborar de acuerdo a lo proyectado y especificado en cuanto a geometría, construcción y operación.

### 4.1 MÉTODO SIMPLIFICADO

Se deberá dar cumplimiento al estándar prescriptivo descrito en las tablas contenidas en la sección 3.1, de acuerdo a cada zona climática, en relación a:

- Transmitancia térmica máxima de cubierta, muros de fachada, pisos en contacto con el terreno, puentes térmicos y transmitancia térmica ponderada de paramentos verticales.
- Transmitancia térmica de vanos, según orientación y porcentaje en relación a la envolvente.
- Factor solar modificado de vanos y lucernarios, según orientación y porcentaje en relación a la superficie de la envolvente.
- Permeabilidad al aire de ventanas.

El método se describe a continuación:

#### 4.1.1 CÁLCULO DE TRANSMITANCIA TÉRMICA

Para la determinación de los valores de transmitancia térmica de elementos de la envolvente se podrá utilizar métodos de cálculo según normas NCh 853 Of. 2007, NCh 3137/1 Of. 2008, ISO 10077-2:2003, o un programa informático basado en método de cálculo aceptado. Las propiedades físicas de conductividad térmica y densidad de los materiales se obtendrán de la norma NCh 853 Of. 2007, de informes oficiales o certificados de ensayo.

#### 4.1.2 CÁLCULO DE FACTOR SOLAR MODIFICADO

El factor solar modificado de vanos **Fv** o lucernario **Fl** se determinará utilizando la siguiente expresión:

$$F = F_s * [(1 - F_m) * g_{\perp} + F_m * 0,04 * U_m * \alpha]$$

Donde: *F<sub>s</sub>*: factor de sombra del vano o lucernario obtenido de las tablas 12, 13, 14, 15, 16 en función del dispositivo de sombra o mediante simulación. En caso de que no se justifique adecuadamente el valor de *F<sub>s</sub>* se debe considerar igual a la unidad.

*F<sub>m</sub>*: fracción del vano ocupada por el marco, en el caso de ventanas, o la fracción de parte maciza en el caso de puertas.

*g<sub>⊥</sub>*: factor solar de la parte semitransparente del vano o lucernario a incidencia normal. El factor solar puede ser obtenido por el método descrito en la norma UNE EN 410:1998, o de certificados oficiales.

*U<sub>m</sub>*: transmitancia térmica del marco del vano o lucernario.

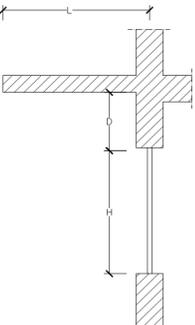
*α*: absortividad del marco, obtenida de la siguiente tabla en función de su color:

Tabla 11: Absortividad del marco para radiación solar α

COLOR	Claro	Medio	Oscuro
<b>Blanco</b>	0,20	0,30	-
<b>Amarillo</b>	0,30	0,50	0,70
<b>Beige</b>	0,35	0,55	0,75
<b>Marrón</b>	0,50	0,75	0,92
<b>Rojo</b>	0,65	0,80	0,90
<b>Verde</b>	0,40	0,70	0,88
<b>Azul</b>	0,50	0,80	0,95
<b>Gris</b>	0,40	0,65	-
<b>Negro</b>	-	0,96	-

Fuente: Código Técnico de la Edificación de España

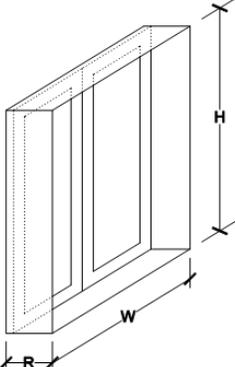
Tabla 12: Factor de sombra para obstáculos de fachada (voladizo).



ORIENTACION DE LA FACHADA			$0,2 < L/H \leq 0,5$	$0,5 < L/H \leq 1$	$1 < L/H \leq 2$	$L/H > 2$
N	$0 < D/H \leq 0,2$	0,82	0,50	0,28	0,16	
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,87	0,64	0,39	0,22	
	$D/H > 0,5$	0,93	0,82	0,6	0,39	
NE/NO	$0 < D/H \leq 0,2$	0,90	0,71	0,43	0,16	
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,94	0,82	0,60	0,27	
	$D/H > 0,5$	0,98	0,93	0,84	0,65	
E/O	$0 < D/H \leq 0,2$	0,92	0,77	0,55	0,22	
	$0,2 < D/H \leq 0,5$	0,96	0,86	0,70	0,43	
	$D/H > 0,5$	0,99	0,96	0,89	0,75	

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

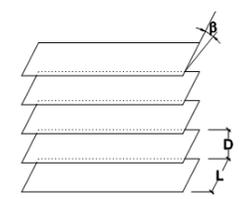
Tabla 13: Factor de sombra para obstáculos de fachada (retranqueo).



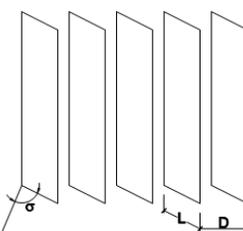
ORIENTACION DE LA FACHADA			$0,05 < R/W \leq 0,1$	$0,1 < R/W \leq 0,2$	$0,2 < R/W \leq 0,5$	$R/W > 0,5$
N	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,82	0,74	0,62	0,39	
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,76	0,67	0,56	0,35	
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,56	0,51	0,39	0,27	
	$R/H > 0,5$	0,35	0,32	0,27	0,17	
NE/NO	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,86	0,81	0,72	0,51	
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,79	0,74	0,66	0,47	
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,59	0,56	0,47	0,36	
	$R/H > 0,5$	0,38	0,36	0,32	0,23	
E/O	$0,05 < R/H \leq 0,1$	0,91	0,87	0,81	0,65	
	$0,1 < R/H \leq 0,2$	0,86	0,82	0,76	0,61	
	$0,2 < R/H \leq 0,5$	0,71	0,68	0,61	0,51	
	$R/H > 0,5$	0,53	0,51	0,48	0,39	

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

Tabla 14: Factor de sombra para obstáculos de fachada (lamas).

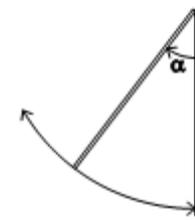
		ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\beta$ )		
		0°	30°	60°
ORIENTACIÓN	NORTE	0,49	0,42	0,26
	NORESTE / NOROESTE	0,54	0,44	0,26
	ESTE / OESTE	0,57	0,45	0,27

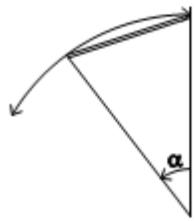
		ANGULO DE INCLINACIÓN ( $\sigma$ )						
		-60°	-45°	-30°	0°	30°	45°	60°
ORIENTACIÓN	NORTE	0,37	0,44	0,49	0,53	0,47	0,41	0,32
	NORESTE	0,46	0,53	0,56	0,56	0,47	0,4	0,3
	ESTE	0,39	0,47	0,54	0,63	0,55	0,45	0,32
	OESTE	0,44	0,52	0,58	0,63	0,5	0,41	0,29
	NOROESTE	0,38	0,44	0,5	0,56	0,53	0,48	0,38

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

Tabla 15: Factor de sombra para obstáculos de fachada (toldos).

	CASO A	Tejido opacos		Tejidos translúcidos	
		$\tau=0$		$\tau=0,2$	
	$\alpha$	NE / N / NO	E / O	NE / N / NO	E / O
	30°	0,02	0,04	0,22	0,24
	45°	0,05	0,08	0,25	0,28
	60°	0,22	0,28	0,42	0,48

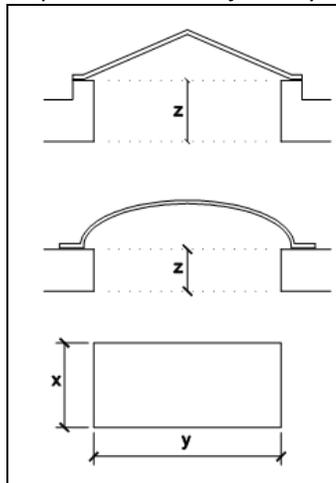
  

	CASO B	Tejido opacos			Tejidos translúcidos		
		$\tau=0$			$\tau=0,2$		
	A	N	NE / NO	E / O	N	NE / NO	E / O
	30°	0,43	0,61	0,67	0,63	0,81	0,87
	45°	0,2	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6
	60°	0,14	0,39	0,28	0,34	0,42	0,48

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

Tabla 16: Tabla 16: Factor de sombra (lucernarios).

Los valores que se indican en esta tabla son válidos para lucernarios sensiblemente horizontales; en caso de lucernarios de planta elíptica o circular, podrán tomarse como dimensiones características equivalentes los ejes mayores y menor o el diámetro.

		Y / Z						
		0,1	0,5	1,0	2,0	5,0	10,0	
	X / Z	0,1	0,42	0,43	0,43	0,43	0,44	0,44
		0,5	0,43	0,46	0,48	0,50	0,51	0,52
		1,0	0,43	0,48	0,52	0,55	0,58	0,59
		2,0	0,43	0,50	0,55	0,60	0,66	0,68
		5,0	0,44	0,51	0,58	0,66	0,75	0,79
		10,0	0,44	0,52	0,59	0,68	0,79	0,85

Fuente: Elaboración propia en base al Código Técnico de la Edificación de España.

#### 4.1.3 PERMEABILIDAD AL AIRE DE VENTANAS

Se deberá considerar ventanas integrantes de las fachadas, cuyas características de permeabilidad al aire sean conocidas.

El Anexo I del presente documento servirá para los propósitos descritos anteriormente.

## 4.2 SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Los modelos computacionales que se desarrollen como base para llevar a cabo el proceso de simulaciones de desempeño energético de los edificios deberán integrar los siguientes elementos, con el fin de obtener la estimación de demandas energéticas de calefacción y refrigeración para su ocupación y operación:

#### 4.2.1 REGISTROS CLIMATOLÓGICOS

Para la ejecución de simulaciones de desempeño, deberán utilizarse registros climatológicos de datos obtenidos con una frecuencia horaria (hora a hora), privilegiándose la obtención de estos datos desde fuentes meteorológicas oficiales.

En caso de no existir o verse dificultado el acceso a una base de datos oficial de la localidad del proyecto, podrá utilizarse alternativamente una base de datos climatológicos obtenida

mediante la triangulación de datos de las estaciones de medición disponibles más cercanas al lugar.

En cualquier caso, deberá declararse el origen de la base de datos para su validación.

#### 4.2.2 DEFINICIÓN GEOMÉTRICA

Para la definición geométrica del edificio, se debe contar con todos los antecedentes relevantes, incluyendo planos y especificaciones técnicas de arquitectura, emplazamiento y otros que el equipo de diseño pudiera aportar para tal efecto.

Se creará un modelo que represente íntegramente el edificio, en cuanto a su forma, dimensiones, orientación, condición de contacto con el terreno y obstáculos remotos que puedan generar sombra sobre los cerramientos exteriores.

Para la evaluación de los vanos se deberá incluir aquellos obstáculos remotos, como voladizos, celosías, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior, además del retranqueo de planos.

#### 4.2.3 DEFINICIÓN MATERIAL

En el caso de elementos constructivos opacos, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica y densidad) de los materiales que conformen las diferentes soluciones constructivas. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales otorgadas por instituciones acreditadas, según lo informado en la normativa NCh 853 Of. 2007 o el Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica (MART) del MINVU.

Para los elementos constructivos acristalados, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica, densidad y factor solar) de los materiales que conformen las soluciones. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales otorgadas por instituciones acreditadas, o según lo informado en la normativa NCh 853 Of. 2007.

#### 4.2.4 CLASIFICACIÓN DE LOS RECINTOS

Los recintos ubicados al interior de la envolvente térmica de los edificios se clasificarán en *recintos habitables* y *recintos no habitables*:

- a) **Recinto habitable:** recinto interior destinado al uso de personas, cuya densidad de ocupación, actividad principal y tiempo de estancia exigen condiciones térmicas y de salubridad adecuadas.

- b) **Recinto no habitable:** recinto interior cuya ocupación, por ser ocasional, excepcional o por períodos muy cortos de tiempo, sólo exige condiciones de salubridad adecuadas. Se incluyen dentro esta categoría recintos tales como: laboratorios, salas de conservación de materiales, salas de máquinas, bodegas, etc.

#### 4.2.5 CONDICIONES TÉRMICAS INTERNAS

Los requerimientos de confort térmico para cada recinto habitable o grupo de recintos habitables deberán ser definidos de acuerdo a la Guía Técnica de Apoyo N° 7: "Confort Higrotérmico".

En los recintos no habitables se permitirá una oscilación libre de la temperatura interior, cuando estos locales no tengan una condición de régimen especial de funcionamiento. En el caso de recintos no habitables que presenten requerimientos de temperatura para su operación, deberá definirse un rango de temperatura operacional particular con el fin de estimar la contribución del sistema de climatización del recinto a la demanda de energía.

Para efectos de cálculo de la demanda energética, los recintos se clasificarán en función de la cantidad de calor disipado en su interior, de acuerdo a la actividad principal que los caracterice y al período de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

- a) **Recintos con carga interna baja:** espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a permanecer en ellos, con carácter eventual o sostenido. En esta categoría se incluyen espacios tales como: habitaciones, salas de estar, junto con sus zonas de circulación asociadas, etc.
- b) **Recintos con carga interna alta:** espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación y/o la operación de iluminación o equipos. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio. En esta categoría se incluyen espacios tales como: salas de clases, servidores de computación, auditorios, laboratorios de computación, cocinas industriales, salas de atención de público, etc.

Junto con lo anterior, deberá definirse un perfil de ocupación y operación con las fuentes de aportes y pérdidas de calor, para cada recinto o grupo de recintos, de acuerdo a su tipo:

- c) **Cargas de ocupación:** se deberá definir de acuerdo a la actividad metabólica de los ocupantes proyectados para el recinto, cuyo número, nivel de actividad y régimen de ocupación deberá ser estimado según el programa arquitectónico, información gráfica contenida en las plantas de arquitectura e indicaciones que pudiese aportar la institución mandante.

- d) **Cargas de iluminación artificial:** para la estimación de cargas de calor por operación de luminarias, deberá considerarse la aplicación de unidades eficientes. La contribución calórica particular de este ítem deberá ser concordante, en forma simultánea, con los requerimientos contenidos en la Guía Técnica de Apoyo N° 4: "Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación".
- e) **Cargas de operación de equipos:** deberá considerarse la operación de artefactos eléctricos y equipos que contribuyan a la carga de calor de los recintos, incluyendo la eficiencia de operación de los sistemas de climatización, de acuerdo a lo señalado en Guía Técnica de Apoyo N° 3: "Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización".
- f) **Cargas de ventilación e infiltración:** en todo caso, para la estimación de tasas de ventilación en recintos habitables y su contribución en términos de aportes o pérdidas de calor, se deberá dar cumplimiento simultáneo a las condiciones contenidas en la Guía Técnica de Apoyo N° 6 "Calidad del Aire Interior".

#### 4.2.6 PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE REFERENCIA

El método de cálculo se formalizará a través de un programa informático que realiza de manera automática los cálculos mencionados en el punto anterior, previa entrada de los datos necesarios para la definición del modelo de simulación.

Los programas informáticos validados para la verificación de la limitación de demanda energética son: Tas, Design Builder, Energy Plus, Trnsys, IES.

#### 4.2.7 ESPECIFICACIÓN DE CONTENIDOS DEL ESTUDIO

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitudes exteriores e interiores, y considerando los efectos de masa térmica.

El desarrollo del estudio deberá contemplar los siguientes aspectos:

- a) **Solicitaciones exteriores de radiación solar:** de acuerdo a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los cerramientos de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios y obstáculos que pueden bloquear dicha radiación.
- b) **Sombreamiento:** determinación de las sombras producidas sobre los vanos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.

- c) **Ganancias y pérdidas por conducción:** valoración de ganancias y pérdidas de calor a través de cerramientos opacos y vanos acristalados, considerando la radiación absorbida.
- d) **Transmisión de la radiación solar a través de vanos:** a través de superficies semitransparentes, teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia.
- e) **Valoración del efecto de elementos exteriores de control solar:** a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del vano.
- f) **Infiltraciones:** estimación de la tasa de infiltración de aire a través de la envolvente perimetral en términos de renovaciones / hora.
- g) **Ventilación:** evaluación de patrones de flujo de aire, medido en la cantidad de renovaciones / hora para las diferentes zonas, de acuerdo a patrones de variación horarios y estacionales.
- h) **Efecto de las cargas internas:** diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas, teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica del edificio.
- i) **Evaluación de comportamiento en temperatura controlada y en oscilación libre:** durante los períodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de referencia y durante los períodos sin ocupación.
- j) **Acoplamiento térmico:** entre las zonas térmicas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

## 5 CONFORMIDAD DE EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO

El especialista a cargo del estudio deberá asesorar al equipo de diseño desde las primeras etapas de desarrollo del anteproyecto de arquitectura, con el objeto de maximizar las ventajas y el efecto beneficioso de una aplicación apropiada de estrategias pasivas de diseño en el desempeño energético del proyecto, que se registrará una vez construido y puesto en operación.

Para permitir la evaluación de estas estrategias, los resultados obtenidos de la aplicación del Método Simplificado y el método de Simulación Computacional, según sea aplicable a cada caso y de acuerdo a los procedimientos contenidos en el capítulo 4 del presente documento, deberán expresarse en un Informe que resuma su estudio.

#### 5.1.1 MÉTODO SIMPLIFICADO

Se verificará que un edificio está en conformidad con las exigencias del presente documento cuando el modelo de proyecto presente valores inferiores o iguales al estándar prescriptivo, realizado según el procedimiento contenido en la sección 4.1 y de acuerdo a la zona climática en la que se localice el proyecto en estudio.

#### 5.1.2 SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

El método de cálculo se formalizará a través de un programa informático que realiza de manera automática los cálculos mencionados en el punto anterior, previa entrada de los datos necesarios para la definición del modelo de simulación. El método de cálculo se formalizará a través de un programa informático que realiza de manera automática los cálculos mencionados en el punto anterior, previa entrada de los datos necesarios para la definición del modelo de simulación.

Se comprobará que un edificio está en conformidad con las exigencias del presente documento al verificarse que las demandas energéticas del modelo de proyecto son iguales o inferiores a las demandas de su modelo de referencia, tanto en régimen de calefacción como de refrigeración, al aplicarse para su evaluación el método detallado en la sección 4.2.

En caso que una de las dos demandas anteriores sea inferior al 10% de la otra en el modelo de proyecto, se permitirá ignorar el cumplimiento de la restricción asociada a la demanda más baja.

## 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA

### 5.2.1 CONTROL DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA

En etapa de ejecución de obra, se deberá planificar y realizar un esquema de Inspección Técnica para comprobar el desarrollo de las obras de acuerdo las especificaciones del proyecto, prestándose especial cuidado a las partidas referentes a la aislación térmica, su correcta colocación, posición, dimensiones y tratamiento de puntos singulares, tales como los procedimientos de corrección de puentes térmicos e infiltraciones y sellos de vanos, entre otros.

### 5.2.2 CONTROL DE LA OBRA TERMINADA

El control de la obra terminada se aplicará sólo a aquellos edificios cuyas superficies de construcción sean mayores a 700 m<sup>2</sup>.

Se deberá realizar *in situ* la siguiente determinación de parámetros físico-constructivos del edificio:

- a) **Hermeticidad de la construcción:** utilizando la técnica de presurización, de la forma que describe la UNE-EN 13829. El método consiste en generar una diferencia de presión constante entre el interior y el exterior del edificio mediante un aparato de medición normalizado denominado *Blower Door*.
- b) **Aislación térmica de muros de la envolvente:** utilizando la técnica de *termoflujometría* que describe la Norma ASTM C 1046(1) para medir In Situ flujos de calor y temperaturas en elementos de la envolvente de edificios bajo condiciones de uso. La técnica consiste en detectar y amplificar el gradiente de temperatura que origina el paso de un flujo térmico a través de un material de características térmicas y eléctricas conocidas.
- c) **Permeabilidad térmica de la envolvente:** aplicando la técnica de *termografía infrarroja* de la forma que describe la Norma ASTM C1060-90. El método se basa en la detección y transformación en imágenes térmicas de la radiación infrarroja que emiten todos los cuerpos, producto de la condición térmica a la que se encuentran.
- d) **Permeabilidad al aire de ventanas:** comprobando que las ventanas dispuestas en las fachadas sean del tipo y clase especificados en el proyecto, y que la clase de permeabilidad al aire se encuentre dentro de las clases aceptadas para la zona climática.

## 6 GLOSARIO

**Blower door:** prueba de auditoría de hermeticidad, consistente en la utilización de un ventilador conectado al exterior para reducir la presión de aire interior de un edificio. Habiéndose aplicado los sellos de su envolvente, el diferencial de presión produce un flujo de aire desde el exterior hacia el interior de los recintos, lo que permite identificar y caracterizar los puntos de infiltración.

**Cargas térmicas, cuadro de:** cuadro en el que se identifica el conjunto de factores que inciden en la condición de equilibrio térmico de cada espacio, expresando cuantitativamente sus aportes en forma de una tasa de ganancias o pérdidas térmicas (en W o W/m<sup>2</sup>°K), aplicada al respectivo espacio durante un período de tiempo y frecuencia determinados. Incluye ganancias y pérdidas térmicas como las de ocupación, iluminación, artefactos y equipos, conducción a través de la envolvente, radiación solar, ventilación e infiltración.

**Componente de la envolvente:** unidad constructiva menor de la envolvente, incluida como parte integrante de sus elementos (muros, techumbre y piso) con el objeto de reforzar su desempeño o cumplir funciones específicas de intercambio entre el medio exterior y el espacio interno del edificio. Su operación puede tener carácter pasivo o mecánico.

**Demanda energética:** la cantidad de energía (en kWh/m<sup>2</sup>a) requerida para calefaccionar o refrigerar un espacio o edificio, para compensar el efecto de las cargas térmicas y mantener una condición de temperatura o confort térmico interior en base a los requerimientos individuales de cada espacio. Se diferencia del consumo energético en que este último resulta ser mayor al considerar la energía efectiva utilizada para cumplir ese objetivo, al incorporar en el cálculo energético la eficiencia del sistema de climatización utilizado, considerando el tipo de fuente de energía primaria, el tipo de instalación y sus pérdidas por distribución.

**Demanda energética de calefacción:** medida de la eficiencia energética ponderada, en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para calefacción.

**Demanda energética de refrigeración:** medida de la eficiencia energética ponderada en base al indicador de energía anual por unidad de superficie requerida para refrigeración.

**Envolvente térmica:** el conjunto de elementos y componentes constructivos que limitan térmicamente los espacios interiores de las condiciones del ambiente exterior de un edificio, definiendo el grado y forma de interacción entre ellos. Está constituida principalmente por los elementos de techumbre, muros, pisos y ventanas.

**Espacio habitable:** todo espacio o recinto sometido a la ocupación de personas, de forma sostenida o eventual, y con requerimientos de confort térmico, resultando en una demanda energética de calefacción y/o refrigeración para proveer estas condiciones de confort.

**Espacio no habitable:** pudiendo ser objeto de ocupación eventual de personas, estos espacios o recintos no presentan requerimientos de confort térmico, por lo que se considera su operación en régimen de temperatura en oscilación libre. No obstante, se puede registrar casos excepcionales de espacios o recintos sin ocupación de personas con requerimientos particulares de temperatura o ventilación, debiendo ser incorporada al cálculo de la demanda energética.

**Factor solar,  $g$ :** relación entre la energía solar transmitida a través una superficie transparente, o componente de vano, y la energía solar incidente sobre la misma. Denominado como  $g$ , se expresa como un valor que va de 0 a 1 y, al ser menor este valor, es mayor la protección a la radiación solar. Su método de cálculo está definido en la norma ISO 15099:2003.

**Hermeticidad:** la calidad de estanqueidad de un cerramiento o componente al paso del aire, lograda por medio de su sellado o fusión.

**Masa térmica:** sistema material con un potencial de acumulación de calor, caracterizado generalmente por un espesor considerable, un elevado calor específico volumétrico y una conductividad térmica moderada. Ello permite la distribución gradual de la energía a través del material y, dado que requiere una cantidad importante de energía para elevar su temperatura, el control de las oscilaciones térmicas extremas mediante el fenómeno de inercia térmica.

**Infiltración:** considerada como contribución en el proceso de ventilación, se produce a través de los sellos de una construcción por los defectos constructivos de diseño y ejecución. Medida como tasa de flujo volumétrico de aire exterior hacia el interior de un edificio, el proceso de infiltración se produce de manera no controlada, a diferencia de la ventilación.

**Puente térmico:** sección de la envolvente térmica a través de la cual la transferencia de calor entre el interior y el exterior se produce de forma más expedita debido a una menor resistencia térmica, producida por una discontinuidad en su materialidad o espesor.

**Temperatura controlada, régimen de:** operación en base al cumplimiento del requerimiento de temperatura fijada previamente como parámetro para el cumplimiento de las condiciones de confort durante los períodos de uso o de los requerimientos particulares para satisfacer condiciones de climatización, creando una demanda energética de calefacción o refrigeración.

**Temperatura en oscilación libre, régimen de:** operación autónoma de los espacios o recintos, sin la aplicación de equipos de calefacción ni refrigeración y con un registro de temperaturas interiores sujeto a las fluctuaciones propias de su funcionamiento en estado pasivo y bajo la influencia de las cargas térmicas propias de su operación.

## 7 REFERENCIAS

- Instituto Nacional de Normalización (INN). *Arquitectura y construcción: Ventanas - Ensayo de estanquidad al aire*. NCh 892 Of. 2001. Santiago, Chile, 2001.
- Instituto Nacional de Normalización (INN). *Arquitectura y construcción: Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico*. NCh 1079 Of. 2008. Santiago, Chile, 2008.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR): *Aislamiento térmico. Determinación de la estanquidad al aire en edificios. Método de presurización por medio de ventilador*. UNE-EN 13829:2002.
- American Society for Testing and Materials (ASTM): *Standard Practice for In-Situ Measurement of Heat Flux and Temperature on Building Envelope Components*. ASTM C1046-95(2007).
- American Society for Testing and Materials (ASTM): *Standard Practice for Thermographic Inspection of Insulation Installations in Envelope Cavities of Frame Buildings* ASTM C1060-90(2003).
- Instituto Nacional de Normalización (INN). *Arquitectura y construcción: Acondicionamiento térmico - Envoltura térmica de edificios - Cálculo de resistencias y transmitancias térmicas* NCh 853 Of. 2007. Santiago, Chile, 2001.
- Ministerio de Vivienda. *Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Madrid, España, 2006.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Muñoz, C. (2011). Simulación y Evaluación de Puentes Térmicos. Tesis de Magíster. Concepción, Chile: Universidad del Bío Bío.
- Chiang, A. (2010). Optimisation of natural ventilation in office buildings: an evaluation of the contribution of buoyancy-driven ventilation to comfort conditions in internal spaces by CFD parametrical analysis. Tesis de Magíster. Nottingham, UK: The University of Nottingham.
- Bustamante, W. (2009). Guía de diseño para la eficiencia energética de la vivienda social. Santiago, Chile: MINVU-CNE.
- D'Alençon, R. (2008). Acondicionamientos Arquitectura y Técnica. Santiago, Chile: Ediciones ARQ.
- Ministerio de Vivienda (2006). Código Técnico de la Edificación (CTE). Madrid, España, Ministerio de Vivienda.
- Figueroa, R. (2005). Evaluación del Software de Simulación CCTE\_CL, Certificación del Comportamiento Térmico de Edificios en Chile. Tesis de Grado. Concepción, Chile: Universidad del Bío Bío.

## ANEXO I: CARACTERIZACIÓN DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

### ELEMENTOS Y COMPONENTES DE LA ENVOLVENTE TÉRMICA

Como muestra la Figura N° 1, la envolvente térmica está compuesta por todos los cerramientos que limitan los recintos habitables con el ambiente exterior (aire, terreno u otro edificio) y por todas las particiones interiores que limitan los recintos habitables con los recintos no habitables que estén en contacto con el ambiente exterior.

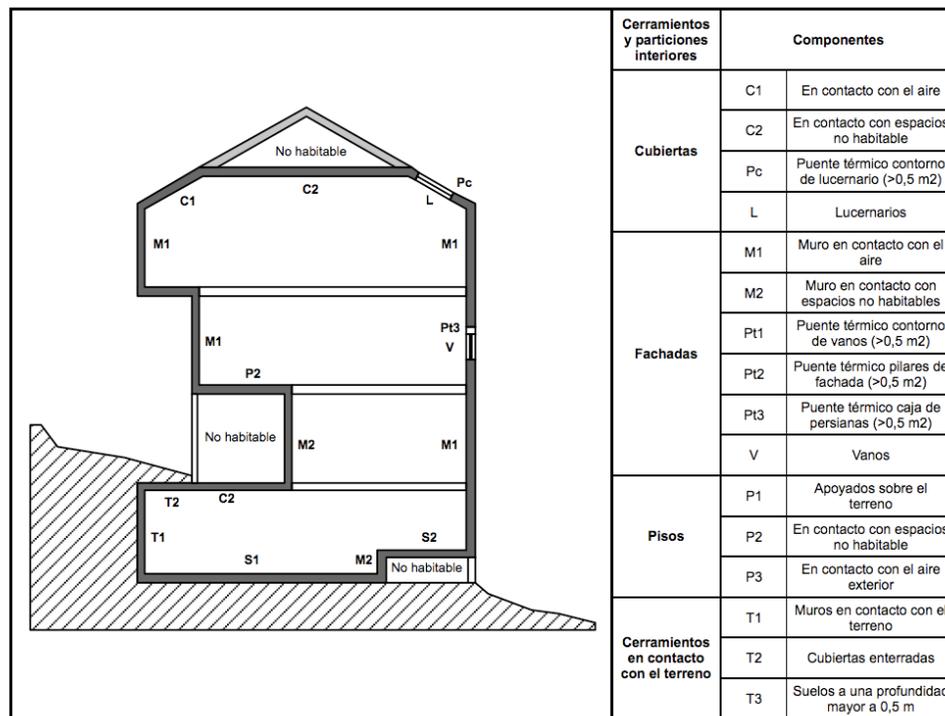


Figura N° 1: Elementos y componentes de la envolvente térmica de un edificio.

Se clasifican, según su situación, en las siguientes categorías:

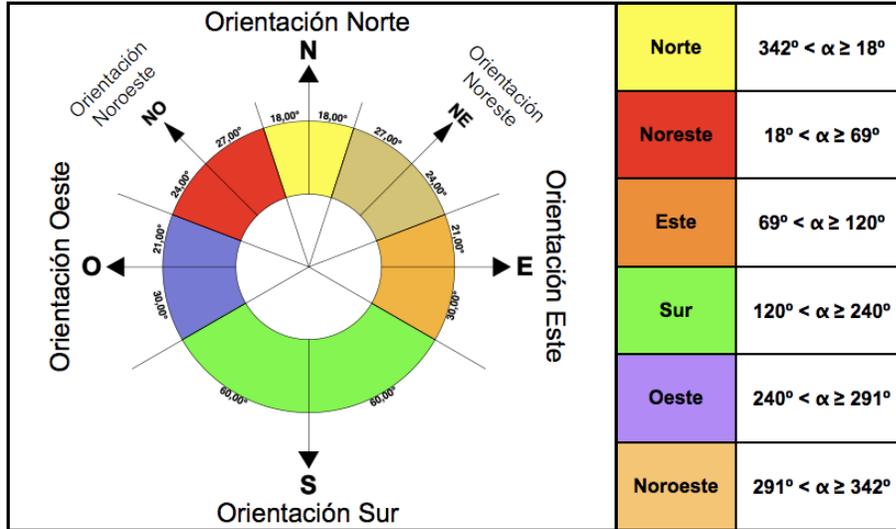
- cubiertas**, aquellos cerramientos superiores en contacto con el aire, cuya inclinación sea igual o inferior a 60° respecto a la horizontal;
- muros de fachada**, comprenden los cerramientos exteriores en contacto con el aire, cuya inclinación sea superior a 60° respecto a la horizontal. Se agrupan en 6 orientaciones según los sectores angulares contenidos en la figura N° 2. La orientación de una fachada se caracteriza mediante el ángulo  $\alpha$ , que es el formado por el norte geográfico y la normal exterior de la fachada, medido en sentido horario;

- c) **muros medianeros**, comprenden aquellos cerramientos que lindan con otros edificios ya construidos o que se construyan a la vez y que conformen una división común. Si el edificio se construye con posterioridad, el cerramiento se considerará, para efectos térmicos, una fachada;
- d) **pisos**, comprenden aquellos cerramientos inferiores horizontales o ligeramente inclinados que estén en contacto con el aire, con el terreno, o con un espacio no habitable;
- e) **cerramientos en contacto con el terreno**, comprenden aquellos cerramientos distintos a los anteriores que están en contacto con el terreno;
- f) **particiones interiores**, comprenden aquellos elementos constructivos horizontales o verticales que separan el interior del edificio en diferentes recintos.

## TIPOS DE CERRAMIENTOS

Se clasifican según su diferente comportamiento térmico y cálculo de sus parámetros característicos en las siguientes categorías:

- a) cerramientos en contacto con el aire
  - I. *parte opaca, constituida por muros de fachada, cubiertas, suelos en contacto con el aire y los puentes térmicos integrados;*
  - II. *parte semitransparente, constituida por vanos (ventanas y puertas) de fachada y lucernarios de cubiertas.*
- b) cerramientos en contacto con el terreno, clasificados según los tipos siguientes
  - I. *suelos en contacto con el terreno;*
  - II. *muros en contacto con el terreno;*
  - III. *cubiertas enterradas.*
- c) particiones interiores en contacto con espacios no habitables, clasificados según los tipos siguientes
  - I. *particiones interiores en contacto con cualquier espacio no habitable (excepto cámaras sanitarias);*
  - II. *suelos en contacto con cámaras sanitarias.*
  - III. *Figura N° 2: Orientación de las fachadas.*







***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 3**

**Rendimiento de la Instalaciones Térmicas y de Climatización**





**Guía Técnica de Apoyo N° 3**

**AHORRO DE ENERGÍA**  
Rendimiento de las instalaciones térmicas

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....</b>	<b>3</b>
2.1	INDICADORES Y PARÁMETROS .....	3
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO .....</b>	<b>4</b>
3.1	VALORES LÍMITES .....	4
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>7</b>
4.1	DISTRIBUCIÓN DE CALOR Y FRÍO.....	7
4.2	REGULACIÓN Y CONTROL .....	9
4.3	CONTABILIZACIÓN DE CONSUMOS.....	9
4.4	RECUPERACIÓN DE ENERGÍA .....	9
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....</b>	<b>10</b>
5.1	VERIFICACIÓN EN DISEÑO.....	10
5.2	VERIFICACIÓN EN OBRA. ....	11
<b>6</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>13</b>

**Guía Técnica de Apoyo N° 3**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Rendimiento de las instalaciones térmicas

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Rendimiento mínimo de calderas, según tipo y potencia. ....	5
Tabla 2: Regulación de quemadores. ....	6
Tabla 3: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios. ....	7
Tabla 4: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios. ....	8
Tabla 5: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos fríos por interior de edificios. ....	8
Tabla 6: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos fríos por exterior de edificios. ....	8
Tabla 7: Espesor mínimo de aislante (mm) en conductos. ....	9

**Guía Técnica de Apoyo N° 3**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Rendimiento de las instalaciones térmicas

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con las exigencias de rendimiento de las instalaciones térmicas que permitan satisfacer la demanda energética en recintos de edificios de acuerdo a las condiciones del entorno.

Como principio fundamental se establece que; las instalaciones térmicas deben diseñarse y calcularse, ejecutarse, mantenerse y utilizarse de tal forma que se reduzca el consumo de energía convencional de las instalaciones térmicas y, como consecuencia, las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos, mediante la utilización de sistemas eficientes energéticamente, de sistemas que permitan la recuperación de energía y la utilización de las energías renovables y de las energías residuales.

## 1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento básico es de aplicación en:

- a) Diseño y obra de edificios públicos nuevos.
- b) Diseño y obra de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1000 m<sup>2</sup>, donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Para otro tipo de locales, las exigencias básicas a solicitar, pueden extraerse del presente documento y complementarse con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los edificios en Chile (RITCH).

## 2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Las exigencias para proporcionar un adecuado rendimiento térmico de las instalaciones térmicas en los referidos edificios, se refiere de manera principal a equipos e instalaciones que deben suministrar energía térmica para calefacción y, según corresponda, a instalaciones para climatización.

### 2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS

Siguiendo pautas del Código Técnico de la Edificación de España, las exigencias requeridas en el desarrollo de los proyectos y posterior instalación, debiera contemplar, a lo menos, los siguientes requerimientos, según la potencia instalada, tecnología a emplear, tipo de combustible y sistema de control, entre otros aspectos. Por lo que los parámetros exigibles serán especificados en función de lo señalado:

- a) **Rendimiento energético** los equipos de generación de calor y frío, así como los destinados al movimiento y transporte de fluidos, se seleccionarán en orden a conseguir que sus prestaciones, en cualquier condición de funcionamiento, estén lo más cercana posible a su régimen de rendimiento máximo, valores que dependerán de la capacidad instalada, la tecnología a emplear y tipo de combustible.
- b) **Distribución de calor y frío:** los equipos y las conducciones de las instalaciones térmicas deben quedar aislados térmicamente, para conseguir que los fluidos portadores lleguen a las unidades terminales con temperaturas próximas a las de salida de los equipos de generación. El espesor de aislante estará determinado por las temperaturas de trabajo y el espacio por donde se conduzca el fluido (ambiente exterior o interior cerrado)
- c) **Regulación y control:** las instalaciones estarán dotadas de los sistemas de regulación y control necesarios que permitan mantener las condiciones de diseño previstas en los locales climatizados, ajustando, al mismo tiempo, los consumos de energía a las variaciones de la demanda térmica, así como para interrumpir el servicio. La tecnología de control a utilizar y la precisión en la regulación dependerá del tamaño de la instalación, el tipo de combustible y la tecnología del equipamiento.
- d) **Contabilización de consumos:** las instalaciones térmicas deberán estar equipadas con sistemas de contabilización para que los usuarios conozcan sus consumos de energía, y para permitir el reparto de los gastos de explotación en función de éste, entre distintos usuarios, cuando la instalación satisfaga la demanda de múltiples consumidores.
- e) **Recuperación de energía:** las instalaciones térmicas incorporarán subsistemas que permitan el ahorro, la recuperación de energía y el aprovechamiento de energías residuales.

### 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

#### 3.1 VALORES LÍMITES

Las exigencias para los equipos e instalaciones a utilizar se indican como sigue:

##### 3.1.1 RENDIMIENTO ENERGÉTICO MÍNIMO EN SISTEMAS DE CALEFACCIÓN

###### Calderas con Combustibles Tradicionales

Para los sistemas de calefacción que utilicen calderas con combustibles tradicionales, provenientes de hidrocarburos, con potencias instaladas entre 4 y 400 kW, el rendimiento a plena carga y carga parcial, a la temperatura que indique el fabricante, estará determinado por la temperatura de trabajo de la caldera, según el tipo de prestación en el edificio.

Para tales efectos, las calderas se clasificarán en:

- a) **Caldera estándar.** Son aquellas que no están diseñadas para soportar condensaciones, su temperatura media en operación está limitada por su diseño y su rendimiento nominal es con temperatura de salida de gases próxima a los 240°C.
- b) **Calderas de baja temperatura.** Están construidas para trabajar con temperaturas de retorno bajas sin llegar a la condensación; lo que se logra con diseños específicos asegurando una eficiente transferencia de calor desde los gases, hasta el límite de condensación.
- c) **Calderas de Condensación.** Están construidas con materiales que soportan condensaciones sin peligro de deterioro. Se busca provocar la condensación con el fin de utilizar el calor latente de vaporización del agua presente en los gases de combustión e incrementar el aprovechamiento de la energía. Calderas con Combustibles Tradicionales

Las expresiones para determinar los rendimientos mínimos de calderas, según el tipo y potencia, y para carga 30% y 100%, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1: Rendimiento mínimo de calderas, según tipo y potencia.

TIPO CALDERA	POTENCIA	POTENCIA NOMINAL		CARGA PARCIAL (0.3·PN)	
	<i>kW</i>	<i>Temperatura media °C</i>	<i>Rendimiento</i>	<i>Temperatura media °C</i>	<i>Rendimiento</i>
<b>Estándar</b>	4 a 400 kW	70	$\geq 84 + 2 \cdot \log P_n$	$\geq 50$	$\geq 80 + 3 \cdot \log P_n$
<b>Baja Temperatura</b>	4 a 400 kW	70	$\geq 87.5 + 1.5 \cdot \log P_n$	$\geq 40$	$\geq 87.5 + 1.5 \cdot \log P_n$
<b>Condensación</b>	4 a 400 kW	70	$\geq 91 + \log P_n$	$\geq 30$	$\geq 97 + \log P_n$

Fuente: Directiva 92/42 CEE

**Fraccionamiento de la Potencia.** Para centrales equipadas con generador de vapor que utilicen combustibles tradicionales provenientes de hidrocarburos, deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

Si la potencia térmica nominal a instalar está por sobre los 400 kW, se debe fraccionar la producción de energía utilizando 2 o más calderas según corresponda.

Si la potencia térmica nominal a instalar es igual o inferior a 400 kW y la instalación suministra servicio de calefacción y de agua caliente sanitaria, se podrá emplear un sólo generador siempre que la potencia demandada por agua caliente sanitaria sea igual o mayor que el primer escalón o estado de llama del quemador.

Se podrán adoptar soluciones distintas a las establecidas en los puntos a y b anteriores, siempre que se justifique técnicamente que la solución propuesta es al menos equivalente desde el punto de vista de la eficiencia energética.

**Regulación de los quemadores:** Los quemadores alimentados por combustibles líquidos y/o gaseosos deberán tener el mecanismo de regulación de su operación en función de su potencia nominal que se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2: Regulación de quemadores.

POTENCIA TÉRMICA NOMINAL DEL GENERADOR DE CALOR (kW)	TIPO DE REGULACIÓN
$P_n \leq 70$	Una etapa (estado de llama) o modulante
$70 \leq P_n \leq 400$	Dos etapas (estados de llama) o modulante
$P_n \geq 400$	modulante

Fuente: RITE 2007, Tabla 2.4.1.1

### Calderas de Biomasa

Las calderas alimentadas con combustibles residuales o renovables, o para calderas con recuperación de efluentes, no son exigibles los rendimientos anteriores. En el caso de las calderas alimentadas con biomasa se exigirá que un rendimiento mínimo a plena carga de 75%.

En el mercado, sin embargo, existen calderas de biomasa de alta eficiencia con rendimientos superiores a 90%, en ese caso se debe exigir un rendimiento mínimo de 85%.

### 3.1.2 RENDIMIENTO ENERGÉTICO EN SISTEMAS DE CLIMATIZACIÓN

Para los sistemas de aire acondicionado, se exigirá que las prestaciones energéticas de los equipos (EER para régimen de frío y COP para la bomba de calor) tengan los mismos valores al variar la carga desde el máximo hasta el límite inferior de parcialización en las condiciones de diseño o nominales.

La eficiencia de una bomba de calor depende de los medios que intercambian calor y opera la bomba de calor. Esto sistemas pueden ser: aire-aire, aire- agua, agua-agua, tierra-agua, en donde la diferencia de temperaturas entre los ambientes en los cuales trabaja la bomba condiciona su eficiencia.

Para una diferencia de temperatura dada entre ambos fluidos, la mayor eficiencia se obtiene con una bomba agua-agua, seguido por la tierra-agua, aire- agua y finalmente la aire-aire.

Como la eficiencia de una bomba de calor depende de las temperaturas y del tipo de fluido con el cual la intercambia y en menor grado de la tecnología de la bomba y tipo de refrigerante, no resulta apropiado ni objetivo entregar valores de eficiencia para cada condición de trabajo y/o tamaño de las bombas de calor.

Los sistemas de climatización del tipo split o compactos que distribuyen aire por medios de ductos a dependencias o recintos y poseen un control centralizado, deben ser evaluados en cuanto a la factibilidad de climatizar un bajo porcentaje de recintos habitados y no poder cortar el suministro de energía a los recintos no habitados. En tales circunstancias se deberá evaluar la posibilidad de emplear sistemas de climatización del tipo VRV (volumen de refrigerante variable)

Los equipos de aire acondicionado que se instalen en zonas climáticas de baja temperatura y alta humedad, con riesgo de congelamiento, deben incorporar un sistema auxiliar de descarche para minimizar el tiempo de detención cuando haga dicha operación.

## 4 PROCEDIMIENTO

### 4.1 DISTRIBUCIÓN DE CALOR Y FRÍO

Todas las cañerías, tuberías y accesorios, así como equipos, aparatos y depósitos de las instalaciones térmicas dispondrán de un aislamiento térmico cuando contengan fluidos con:

- Temperatura menor que la temperatura del local por el que circulan.
- Temperatura mayor de 40°C cuando circulen por locales no calefaccionados

Cuando las tuberías o los equipos estén instalados en el exterior de edificio, el recubrimiento final del aislamiento deberá poseer protección contra la intemperie.

Para el cálculo del espesor mínimo de aislante se podrá optar por un método simplificado o por el tradicional.

El procedimiento simplificado aplicado a cañería sin aislar en función del diámetro exterior, para un material de conductividad térmica de 0,04 W/m·K, se indica en las tablas siguientes, para cañerías que transportan fluido caliente.

Tabla 3: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	40..60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	25	25	30
$35 \leq D \leq 60$	30	30	40
$60 \leq D \leq 90$	30	30	40
$90 \leq D \leq 140$	30	40	50
$D > 140$	35	40	50

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.1

Tabla 4: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos calientes por exterior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	40..60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 \leq D \leq 60$	40	40	50
$60 \leq D \leq 90$	40	40	50
$90 \leq D \leq 140$	40	50	60
$D > 140$	45	50	60

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.2

Tabla 5: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos fríos por interior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (mm)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	40..60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	30	20	20
$35 \leq D \leq 60$	40	30	20
$60 \leq D \leq 90$	40	30	30
$90 \leq D \leq 140$	50	40	30
$D > 140$	50	40	30

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.3

Tabla 6: Espesor mínimo de aislante (mm) de tuberías que transportan fluidos fríos por exterior de edificios

DIÁMETRO EXTERIOR (MM)	TEMPERATURA MÁXIMA DEL FLUIDO		
	40..60	>60...100	>100...180
$D \leq 35$	50	40	40
$35 \leq D \leq 60$	60	50	40
$60 \leq D \leq 90$	60	50	50
$90 \leq D \leq 140$	70	60	50
$D > 140$	70	60	50

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.4

Para la conducción de aire, bajo el mismo principio anterior el espesor mínimo de aislante se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7: Espesor mínimo de aislante (mm) en conductos

ESPESOR DEL AISLANTE EN CONDUCTOS		
	<i>En interiores (mm)</i>	<i>En exteriores (mm)</i>
<i>Aire caliente</i>	20	30
<i>Aire frío</i>	30	50

Fuente: RITE 2007, Tabla 1.2.4.2.5

## 4.2 REGULACIÓN Y CONTROL

Todas las instalaciones térmicas deberán dotarse de los sistemas de control automático necesarios para mantener, en el local, las condiciones de diseño previstas, ajustando los consumos de energía a las variaciones de la carga térmica.

El empleo de sistema de control on/off, estará limitado a las siguientes aplicaciones:

- Límites de seguridad de temperatura y presión.
- Regulación de velocidad de ventiladores de unidades terminales.
- Control de temperatura servido por aparatos unitarios, siempre que la potencia nominal total del sistema no sea mayor de 70 kW.

Los sistemas formados por diferentes subsistemas deberán disponer de los dispositivos necesarios para dejar fuera de servicio a cada uno de éstos en función del régimen de ocupación, sin afectar al resto de las instalaciones.

## 4.3 CONTABILIZACIÓN DE CONSUMOS

Toda instalación térmica con potencia por sobre los 70 kW deberá disponer de un sistema de medición, registro y contabilización de la energía que suministra el sistema de calefacción, esto es, flujo del fluido térmico y las temperatura de salida y retorno desde el manifold de distribución. De la misma forma se debe llevar un registro del consumo de combustible y de energía eléctrica de forma separada, con el propósito de monitorear y controlar la eficiencia y el rendimiento de las instalaciones térmicas.

## 4.4 RECUPERACIÓN DE ENERGÍA

Exigible de implementar en sistema de aire acondicionado del tipo VRV con recuperación de calor, en potencias instaladas por sobre los 70kW y sometida a evaluación técnica y económica para decidir sobre su implementación para potencias entre 30 y 70 kW.

## 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO.

Documentación técnica de diseño y dimensionado de las instalaciones térmicas, al respecto se establece que:

- a) Las instalaciones térmicas deben ejecutarse sobre la base de una documentación técnica que, en función de su importancia, debe adoptar una de las siguientes modalidades:
  - I. *Cuando la potencia nominal a instalar en generación de calor o frío sea mayor que 30 kW, se requiere la realización de un proyecto.*
  - II. *Cuando la potencia térmica nominal a instalar en generación de calor o frío se mayor o igual que 5 kW y menor o igual que 30 kW, el proyecto, según requerimiento del mandante, podrá ser sustituido por una memoria técnica.*
  - III. *Procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de las exigencias básicas en fase diseño. Se aplica al análisis de planos y especificaciones técnicas del edificio y contiene instrucciones y remisión o referencia de métodos de cálculo y análisis, reglamentos, normas técnicas y otros documentos de respaldo.*
- b) Cuando en un mismo edificio existan múltiples generadores de calor, frío, o de ambos tipos, la potencia térmica nominal de la instalación, a efectos de determinar la documentación técnica requerida, se obtendrá de la suma de las potencias térmicas nominales de ambos sistemas, necesarios para cubrir el servicio, sin considerar en esta suma la instalación solar térmica.
- c) En el caso de las instalaciones solares térmicas la documentación técnica de diseño requerida será la que corresponda a esta forma de energía de apoyo.

#### Proyecto de las instalaciones térmicas.

- a) Cuando se precise de un proyecto, éste debe ser redactado y firmado por un profesional competente debidamente calificado. El proyectista será responsable de adaptarse a las exigencias de los TDR<sub>e</sub> y de cualquier otra reglamentación o normativa que pudiera ser aplicada en la instalación proyectada.
- b) El proyecto describirá la instalación térmica en su totalidad, sus características generales y la forma de ejecución, debidamente detallada para que pueda valorarse e interpretarse inequívocamente durante su ejecución. En el proyecto se debe incluir la siguiente información:
  - I. *Justificación del cumplimiento de las exigencias en las soluciones propuestas acerca de la eficiencia energética según reglamentación vigente.*
  - II. *Las características técnicas mínimas que deben reunir los equipos y materiales que conforman la instalación proyectada, así como sus condiciones de suministro y ejecución, las garantías de calidad y el control de recepción en obra que deba realizarse.*

## Memoria Técnica

- a) La memoria técnica debe incluir a lo menos la siguiente documentación:
  - III. *Justificación de que las soluciones propuestas cumplen las exigencias de eficiencia energética establecidas en la reglamentación vigente.*
  - IV. *Una breve memoria descriptiva de la instalación, en la que figuren el tipo, el número y las características de los equipos generadores de calor o frío, sistemas de energías renovables y otros elementos principales.*
  - V. *El cálculo de la potencia térmica instalada de acuerdo con un procedimiento reconocido. Se explicarán los parámetros de diseño elegidos.*
  - VI. *Los planos o esquemas de las instalaciones*
- b) La memoria técnica será elaborada por un profesional autorizado, será responsable de que las instalaciones se adecuen a la reglamentación vigente y debe actuar coordinadamente con el autor del proyecto general del edificio.

## 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.

- a) La ejecución de las instalaciones sujetas a esta reglamentación debe ser realizada por empresas instaladoras debidamente autorizadas.
- b) La ejecución de las instalaciones térmicas, que requirió la realización de un proyecto, debe efectuarse bajo la dirección de un profesional competente, en funciones de director o responsable de la instalación.
- c) El control de la ejecución de las instalaciones se realizará de acuerdo con las especificaciones técnicas del proyecto o memoria técnica y las modificaciones autorizadas por el instalador autorizado o el director de la instalación.
- d) Se debe comprobar que la ejecución de la obra se realice de acuerdo con los controles establecidos en el pliego de condiciones técnicas.
- e) Las pruebas de la instalación se efectuarán por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales según normas. Estas pruebas deben realizarse en presencia del profesional responsable del proyecto.
- f) Los resultados de las distintas pruebas pasarán a formar parte de la documentación final de la instalación.

## 6 GLOSARIO

**Calderas de Condensación:** Calderas que suministran energía disminuyendo la temperatura de los gases de combustión por debajo del punto de rocío. La condensación del vapor de agua presente en los gases podría aumentar el rendimiento de la caldera por sobre el 100%, referido al poder calorífico inferior.

**Bomba de Calor:** Máquina térmica capaz de transferir calor desde una fuente de baja temperatura a otra de temperatura mayor suministrándole un trabajo externo.

**EER (Energy Efficiency Ratio):** Eficiencia de las máquinas frigoríficas, representa la razón entre el calor extraído de la fuente fría y el trabajo suministrado a la máquina

**COP (Coeficiente de Performance):** Eficiencia de la bomba de calor, representa la razón entre el calor suministrado al ambiente a calefaccionar y el trabajo suministrado a la máquina.

## 7 REFERENCIAS

- Reglamento de instalaciones térmicas en edificios (RITE 2007), IDAE, Instituto para la diversificación y ahorro de energía, Madrid 2007.
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, Real Decreto 1027/2007, España.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A. G. Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITCH). Santiago, Chile, 2007.
- Ministerio de Vivienda. Código Técnico de la Edificación (CTE). Madrid, España, 2006
- Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios, RITE España 2007
- Guía práctica sobre instalaciones centralizadas de calefacción y A.C.S. en edificios y viviendas, IDAE, Instituto para la diversificación y ahorro de energía, Madrid 2008.





***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 4**

**Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación**





**Guía Técnica de Apoyo N° 4**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN.</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.</b> .....	<b>3</b>
	2.1 EXIGENCIA BÁSICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN. ....	3
	2.2 INDICADORES Y PARÁMETROS .....	3
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO.</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b> .....	<b>5</b>
	4.1 CONDICIONES GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL .....	5
	4.2 FACTOR DE RECINTO .....	7
	4.3 NÚMERO DE LUMINARIAS .....	7
	4.4 EFICIENCIA LUMÍNICA.....	10
	4.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	11
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS</b> .....	<b>12</b>
	5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO .....	12
	5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.....	15
<b>6</b>	<b>GLOSARIO</b> .....	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>17</b>

Guía Técnica de Apoyo N° 4

**AHORRO DE ENERGÍA**

Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Eficiencia Lumínica para cada tipo de luminaria.....	4
Tabla 2: Eficiencia Energética para cada tipo de luminaria.....	5
Tabla 3: Reflectancias según características de superficies.....	8
Tabla 4: Factores de utilización de luminarias.....	9
Tabla 5: Factores de pérdida de luz.....	9

**Guía Técnica de Apoyo N° 4**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Eficiencia energética de las instalaciones de iluminación

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica calidad del aire interior en recintos de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

## 1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

## 2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

La presente Guía Técnica de Apoyo GTA N°3 es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m<sup>2</sup> y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

### 2.1 EXIGENCIA BÁSICA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LAS INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN

Los recintos deberán cumplir exigencias mínimas de desempeño energético y lumínico, tanto en su fase de diseño como en la fase de construcción, con el objeto de optimizar el consumo de energía y asegurar un estándar adecuado de confort visual, de acuerdo a la función o actividad. Estas exigencias son de carácter complementario y concurrente.

Para el diseño y verificación de las instalaciones de iluminación será preciso, en primer término, realizar las comprobaciones de Confort Lumínico (Guía Técnica de Apoyo N°8), de tal modo que una vez aseguradas las condiciones de confort para cada uno de los programas de recintos existentes en el edificio, puede iniciarse la aplicación de la presente Guía Técnica de Apoyo.

### 2.2 INDICADORES Y PARÁMETROS

- a) **Número de Luminarias (N)**: cantidad de aparatos de iluminación determinados para cada recinto.
- b) **Eficiencia Lumínica (Lm/W)**: flujo luminoso por unidad de potencia, definido para el tipo de luminaria a utilizar.
- c) **Eficiencia Energética (W/m<sup>2</sup>·lx)**: potencia por unidad de superficie, definido para el tipo de luminaria a utilizar por cada 100 (lx), según el nivel de iluminancia requerido para cada recinto.

El factor de utilización de luminarias, se obtiene a partir de tabla, y depende de la reflectancia de las superficies (cielo y muros) y de un factor de recinto.

Considerando los valores límites de los factores mencionados, se realiza mediante una fórmula un cálculo de luminarias por recinto, el cual contempla el cumplimiento de exigencias mínimas de nivel de iluminación requerido para dicho recinto.

### 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Los rangos mínimos de Eficiencia lumínica quedan establecidos en la Tabla 1. Se determinará a partir del cumplimiento de valores mínimos de nivel de luminancia (lúmenes/watts) definidos como necesarios para la actividad principal del recinto, contemplando para su cálculo las especificaciones de los tipos de luminaria utilizados, relativos al flujo luminoso y potencia estimada.

Tabla 1: Eficiencia Lumínica para cada tipo de luminaria.

RANGOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA LUMÍNICA SEGÚN TIPO DE LUMINARIA UTILIZADA EN EL RECINTO	
<i>Tipo de Luminaria</i>	<i>Eficiencia lumínica (Lm/W)</i>
Ampolleta Incandescente	22
Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC)	30
Tubos fluorescentes T10 y T8	45
Tubos Fluorescentes T5	50
Dicroico (MR16)	25
LED	70

Fuente: Elaboración propia.

Se establece además que el valor de Eficiencia lumínica para el conjunto de luminarias del edificio deberá ser como mínimo de **34 (Lm/W)**. Esto es considerando la totalidad de la superficie útil del edificio.

A su vez, los rangos de Eficiencia Energética por Lux para cada tipo de luminaria quedan establecidos en la Tabla 2. Se calculará en base a factores como el tipo y número de luminarias contempladas en el diseño, el nivel de iluminancia mínima para garantizar el confort visual de la actividad principal del recinto, la geometría del recinto (factor de utilización), el flujo luminoso de las luminarias y el factor de pérdidas de luz de las luminarias.

Tabla 2: Eficiencia Energética para cada tipo de luminaria.

<b>RANGOS MÍNIMOS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA SEGÚN TIPO DE LUMINARIA UTILIZADA EN EL RECINTO POR CADA 100 LUX</b>	
<i>Tipo de Luminaria</i>	<i>Eficiencia Energética (W/m<sup>2</sup>·lx)</i>
Ampolleta Incandescente	15
Lámparas Fluorescentes Compactas (LFC)	10
Tubos fluorescentes T10 y T8	6
Tubos Fluorescentes T5	5
Dicroico (MR16)	11
LED	4

Fuente: Elaboración propia.

Se establece además que el valor de Eficiencia Energética para el conjunto de luminarias del edificio deberá ser como máximo de **12 (W/m<sup>2</sup>·lx)**. Esto es considerando la totalidad de la superficie útil del edificio.

## 4 PROCEDIMIENTO

### 4.1 CONDICIONES GENERALES DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL

Los sistemas de iluminación artificial del edificio, deben cumplir con los valores mínimos exigidos tanto para eficiencia lumínica como para eficiencia energética.

Se exige que los edificios evaluados cuenten con sistemas de regulación y control de la iluminación artificial, con el objetivo de optimizar en el edificio el consumo energético en iluminación artificial. Se prohíbe expresamente utilizar como único sistema de regulación y control el apagado y encendido en cuadros eléctricos, por lo que se tendrá que instalar en cada recinto, al menos, un sistema de apagado y encendido manual.

Para la elección del sistema de regulación y control a implantar, se recomiendan cuatro opciones de sistemas de regulación y control, cuyas características se detallan a continuación:

#### 4.1.1 CONTROL DE LA ILUMINACIÓN MEDIANTE INTERRUPTORES MANUALES Y TEMPORIZADOS.

Los interruptores manuales deben estar contar en lo posible con etiquetas que indiquen sobre qué instalación o circuito actúa cada uno, y separados entre sí, con el objetivo de que el usuario no sienta la tentación de activar varios de ellos con un solo movimiento de mano.

Las luminarias deben estar conectadas a varios circuitos, de manera que los circuitos de luminarias más cercanas a fuentes de iluminación natural (por ejemplo, ventanas) estén separados de los circuitos de luminarias ubicadas en lados opuestos a la fuente de luz natural.

El número de circuitos (y por ende de interruptores manuales) para el control de la iluminación de un recinto, no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas menos dos. De esta forma, si existen 12 luminarias instaladas, el número de circuitos (e interruptores manuales) será como mínimo de 2.

Por otra parte, los interruptores temporizados, permiten que las luminarias sean apagadas desde un panel central, a la misma hora cada día, coincidiendo con las horas de no ocupación de los recintos. En el caso de optar por interruptores temporizados en lugar de interruptores manuales, estos deben permitir encender manualmente las luminarias aunque no se encuentren en su período de encendido automático.

#### 4.1.2 CONTROL DE ILUMINACIÓN ARTIFICIAL MEDIANTE CONTROLADORES DE LUZ NATURAL.

En edificios que consideran este tipo de sistema, la luz natural se presenta como una importante fuente de ahorro energético en iluminación. La luz natural debe ser aportada en un principio a partir del diseño del edificio mediante ventanas, zonas acristaladas, entre otros. De la misma forma, a través del diseño, es importante reducir las zonas oscuras en el interior de los recintos. En el caso de que el nivel de luz natural interior sea excesivo, se recomienda que se disminuya su efecto mediante cortinas, toldos, cristales opacos o persianas.

Los sistemas basados en el control de la luz natural, se basan en sensores de luz ubicados en el techo, los cuales miden la cantidad de luz natural y ajustan automáticamente los niveles de luz artificial necesarios para realizar las actividades con iluminación apropiada al interior de los recintos.

En el caso de sistemas de regulación y control de la luz natural, existen dos tipos: Todo/Nada, en los cuales la iluminación se enciende y apaga por encima o por debajo del nivel de iluminación previamente fijado; o de Regulación Progresiva, en el que la iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior detectado, hasta conseguir el nivel de luz prefijado.

#### 4.1.3 CONTROL DE ILUMINACIÓN MEDIANTE DETECTORES DE PRESENCIA.

Los sistemas basados en detectores de presencia, ante la ausencia de ocupantes en los recintos, apagan automáticamente la iluminación artificial. Existen básicamente 4 tipos de detectores de presencia: Infrarrojos, acústicos por ultrasonido, acústicos por microondas e híbridos de los dos anteriores. Estos sistemas pueden forzar el apagado del sistema de iluminación a pesar de que existan ocupantes en el interior, cuando estos permanecen en una actitud estática durante un periodo de tiempo.

#### 4.1.4 REGULACIÓN Y CONTROL MEDIANTE UN SISTEMA CENTRALIZADO DE GESTIÓN.

Este tipo de sistemas son especialmente recomendados para edificios con recintos de usos múltiples, como es el caso de hospitales. El control centralizado presenta características como las siguientes:

- Posibilidad de encendido/apagado de zonas mediante órdenes centrales, ya sea manuales o automáticas (control horario).
- Modificación de circuito de encendido a nivel central sin la necesidad de hacer obras eléctricas.
- Monitorización del consumo de los circuitos y estado de los mismos.

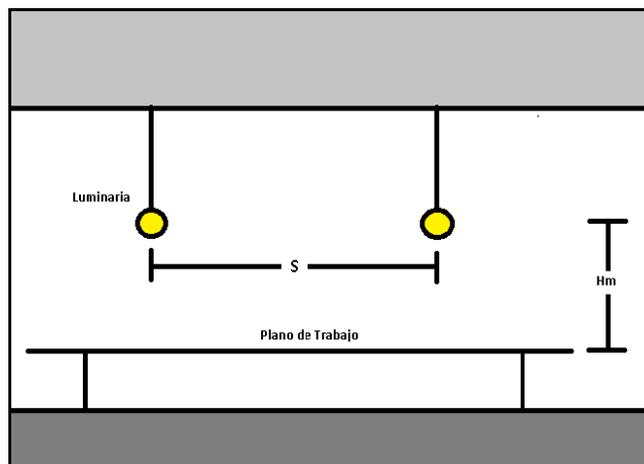
#### 4.2 FACTOR DE RECINTO

El factor de recinto depende de las dimensiones del recinto a ser iluminado. Por lo mismo, este factor se calcula para cada recinto a analizar dentro del edificio.

$$FR = \frac{L \cdot a}{H_m \cdot (L + a)}$$

Donde: *FR*: Factor de Recinto(s/d)  
*L*: Largo del recinto(m)  
*a*: Ancho del recinto (m)  
*H<sub>m</sub>*: Altura desde luminaria hasta el plano de trabajo (m)

Figura 1: Espacio de Luminarias (Vista Elevación).



Fuente: Elaboración propia.

### 4.3 NÚMERO DE LUMINARIAS

Se exige en esta Guía Técnica de Apoyo el cálculo de número de luminarias mínimo por recinto, de manera que el número de luminarias instaladas en cada recinto cumpla con los valores requeridos de iluminación (lx), explicitados en la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico”.

El número de luminarias por recinto, se calcula mediante fórmula, la cual requiere de la siguiente información para ser desarrollada:

- a) **Nivel de Iluminancia requerido (lx):** según lo explicitado en la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico” para cada tipo de recinto a analizar.
- b) **Flujo Luminoso Inicial emitido por cada luminaria (Lúmenes):** cuya información es entregada por el fabricante de las luminarias o aparatos de iluminación.
- c) **Factor de Utilización:** de acuerdo a efectos de distribución de luminarias y reflectancia de superficies del recinto a analizar. Este factor mide la relación entre el flujo luminoso emitido por las luminarias, y el flujo luminoso que llega al plano de trabajo.
- d) **Factor de pérdida de luz:** de acuerdo a las pérdidas causadas por deterioro de las luminarias y suciedad de estas.

El factor de Utilización, al depender de las características de las superficies del recinto, considera para su cálculo la determinación del factor de reflexión de los paramentos. El factor de reflexión se obtiene a partir del tipo de superficie y su color, tal como se presenta en la Tabla 3.

Tabla 3: Reflectancias según características de superficies.

SUPERFICIE	COLOR	FACTOR DE REFLEXIÓN
CIELO	Blanco	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
MUROS	Claro	0,5
	Medio	0,3
	Oscuro	0,1

Fuente: Instituto para la Elaboración y Ahorro de la Energía. 2005.

A partir del Factor de Recinto y del factor de reflexión de las superficies obtenido de la Tabla 3, se determina el factor de utilización de luminarias ingresando en la Tabla 4 los resultados antes calculados.

Tabla 4: Factores de utilización de luminarias.

		REFLECTANCIAS								
CIELO		0,7			0,5			0,3		
MUROS		0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1
<b>FACTOR DE RECINTO</b>	<b>0,6</b>	0,28	0,25	0,23	0,28	0,25	0,23	0,28	0,25	0,23
	<b>0,8</b>	0,34	0,31	0,28	0,33	0,3	0,28	0,33	0,3	0,28
	<b>1</b>	0,37	0,36	0,32	0,37	0,34	0,32	0,37	0,34	0,32
	<b>1,25</b>	0,4	0,38	0,35	0,4	0,37	0,35	0,4	0,37	0,35
	<b>1,5</b>	0,43	0,41	0,38	0,42	0,4	0,38	0,42	0,39	0,38
	<b>2</b>	0,46	0,44	0,42	0,45	0,43	0,41	0,44	0,42	0,41
	<b>2,5</b>	0,48	0,46	0,44	0,47	0,45	0,43	0,46	0,44	0,43
	<b>3</b>	0,49	0,47	0,46	0,48	0,46	0,45	0,47	0,45	0,44
	<b>4</b>	0,5	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47	0,48	0,47	0,46
	<b>5</b>	0,51	0,5	0,49	0,5	0,49	0,48	0,49	0,48	0,47

Fuente: McMullan, Randall. 2007, Environmental Science in Building.

Por otra parte, la determinación del factor de pérdida de luz depende del tipo de iluminación, ya sea directa o indirecta. El factor de pérdida de luz se obtiene de acuerdo a lo expresado en la Tabla 5.

Tabla 5: Factores de pérdida de luz.

		FACTORES DE PÉRDIDA DE LUZ	
LLF 12 MESES		Iluminación Directa	Iluminación Indirecta
		0,95	0,9

Fuente: McMullan, Randall. 2007, Environmental Science in Building.

Con el fin de cumplir con el estándar de Confort Lumínico, el cálculo del número de luminarias por recinto se realiza a través del siguiente procedimiento:

Utilizar la siguiente fórmula para la realización del cálculo:

$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot FU \cdot FPL}$$

*Donde:*

- N:* Número de luminarias por recinto
- A:* Área del recinto (m)
- E:* Nivel de iluminancia requerido (lx)
- F:* Flujo luminoso inicial emitido por cada luminaria (Lm)
- FU:* Factor de Utilización (de acuerdo a efectos de distribución de las luminarias y superficies de los recintos).
- FPL:* Factor de pérdida de luz, de acuerdo a las pérdidas causadas por deterioro de las luminarias y suciedad de estas.

Una vez determinado el valor de luminarias N, este se redondea hacia arriba de manera de mantener la simetría de las luminarias. Por otra parte, la separación de las luminarias está dado por el valor “S” (ver Figura N°1), el cual no puede superar 1,5 veces la altura entre luminaria y plano de trabajo:

$$S_{max} = 1,5 \cdot H_m$$

#### 4.4 EFICIENCIA LUMÍNICA

La eficiencia lumínica se refiere a la eficiencia de las luminarias de acuerdo a su flujo luminoso (lúmenes) por cada watt de potencia de estas. Este valor se calcula con el fin de establecer en las luminarias un rango de eficiencia en iluminación considerando como factor principal el flujo luminoso que la luminaria provee.

De esta forma:

$$\text{Eficiencia Lumínica} = \frac{\text{Flujo luminoso (Lm)}}{\text{Potencia (W)}} \left( \frac{\text{Lm}}{\text{W}} \right)$$

*Donde:*

- Lm:* Flujo Luminoso (Lm), entregados por el fabricante para cada luminaria o aparato de iluminación.
- P:* Potencia (W), entregada por el fabricante para cada luminaria o aparato de iluminación.

El valor de eficiencia lumínica es general para todo el edificio, por lo que se obtiene a partir de la información de todas las luminarias y/o aparatos de iluminación instalados en los recintos a analizar. El número de luminarias de cada recinto, y por consiguiente de todo el edificio, se determina de acuerdo a cálculo presentado en los títulos a continuación.

#### 4.5 EFICIENCIA ENERGÉTICA

La eficiencia energética de las Instalaciones de Iluminación se refiere a la potencia consumida por unidad de superficie, definido para el tipo de luminaria a utilizar por cada 100 lux. El valor de eficiencia energética se obtiene para cada recinto a evaluar, ya que depende del nivel de iluminación requerido para cada tipo de recinto según lo exigido en la Guía Técnica de Apoyo N°8: “Confort Lumínico”.

De esta forma la eficiencia energética está dada por la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia Energética} = \frac{P}{A \cdot E_m} \cdot 100 \left( \frac{W}{m^2 \cdot lx} \right)$$

Donde: *P*: Potencia (W), entregada por el fabricante para cada luminaria o aparato de iluminación.  
*A*: Área (m<sup>2</sup>) del recinto a iluminar  
*E<sub>m</sub>*: Nivel de Iluminación (lx) requerido en el recinto

## 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

### Antecedentes Previos

En todos los casos se deberá contar a lo menos con los siguientes antecedentes previos:

- a) Proyecto de arquitectura del edificio. Antecedentes para deducir la geométrica del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.
- b) Planta o esquema con la distribución de luminarias indicando el tipo de luminarias.
- c) Proyecto o antecedentes sobre las instalaciones o sistemas previstos para la iluminación artificial, incluyendo las especificaciones técnicas, junto con certificados o informes de características de equipos, artefactos y/o luminarias.

### Procedimiento

Para la verificación de exigencias se deberá utilizar el método de cálculo directo que define el apartado 4. El desarrollo del método de cálculo deberá considerar los siguientes aspectos:

- a) Determinación del factor de recinto, según lo explicitado en el apartado 4.2.
- b) Calcular el número de luminarias, según lo expuesto en el apartado 4.3.
- c) Determinación de la Eficiencia Lumínica del edificio, a partir de la información otorgada por el fabricante de las luminarias y/o aparatos.
- d) Determinación de la Eficiencia Energética de cada recinto a evaluar, a partir de la información otorgada por el fabricante de las luminarias y/o aparatos, el cálculo del número de luminarias, y el nivel de iluminación requerido por cada recinto según la Guía Técnica de Apoyo N°8: "Confort Lumínico".

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO

En la fase de diseño, se deberá corroborar lo siguiente:

- a) Número de luminarias mínimo a instalar en cada recinto, justificando los supuestos del procedimiento de cálculo.
- b) Valor de Eficiencia Lumínica del edificio mínima de 34 (lm/W)
- c) Valor Eficiencia Energética máximo de 12 (W/m<sup>2</sup>·lx)

A modo de ejemplo, se explicita a continuación el cálculo de número de luminarias para un caso tipo:

**Datos:**

- Edificio “ejemplo” consta de 3 salas de clases de características idénticas.
- Tipo de Recinto: Sala de Clases (trabajo prolongado)
- Nivel de iluminación requerido en el recinto: 500 (lx)
- Área del recinto: 40(m<sup>2</sup>)
- Largo del recinto: 8 (m)
- Ancho del recinto: 5 (m)
- Altura desde luminaria hasta plano de trabajo: 0,9(m)
- Cielo del recinto color Blanco.
- Muros de tonalidad clara.
- Tipo de Luminaria: Tubo fluorescente de Alta Eficiencia T5
- Potencia de la luminaria: 28(W)
- Flujo Luminoso inicial de luminaria (dado por el fabricante): 1200 (Lm)

El factor de utilización (*FU*) se obtiene al considerar tanto la reflectancia de cielo y muros, como el factor de recinto.

La reflectancia se determina a partir de la Tabla 3, la cual según las características dadas entrega para cielo un valor de 0,7 y para muros un valor de 0,5.

El Factor de recinto (*FR*), se obtiene a partir de la siguiente fórmula:

$$FR = \frac{L \cdot a}{H_m \cdot (L + a)}$$
$$FR = \frac{L \cdot a}{H_m \cdot (L + a)} = \frac{8 \cdot 5}{0,9 \cdot (8 + 5)} = 3,42$$

Con los datos de reflectancia y factor de Recinto, se obtiene el valor de utilización (*FU*) a partir de la Tabla 4, el cual se obtiene interpolando de la siguiente manera:

$$\frac{4 - 3}{0,5 - 0,49} = \frac{3,42 - 3}{X - 0,49}$$
$$X = 0,4942 \cong 0,49$$

El factor de pérdida de luz, depende de las características del recinto, obteniéndose a partir de la Tabla 5. En este caso se considera iluminación directa, es decir un factor de 0,95.

### **Número de Luminarias Mínimo**

Finalmente, a partir de la fórmula siguiente se obtiene el número de luminarias con las cuales debe contar el recinto, cumpliendo con los estándares de nivel de iluminación mínimos planteados.

$$N = \frac{E \cdot A}{F \cdot FU \cdot FPL} = \frac{500 \cdot 40}{1200 \cdot 0,49 \cdot 0,95} = 35,80 \sim 36 \text{ (luminarias)}$$

Además, las 36 luminarias cumplen con dar una cantidad de luminarias que pueden ser distribuidas de manera simétrica en un recinto cuadrado o casi cuadrado.

### **Eficiencia Lumínica**

Como el edificio ejemplo consta de 3 salas de clases, el total de Lúmenes por recinto es de  $3 \times 1200$  lúmenes  $\times$  36 luminarias = 129.600 Lúmenes

Como todas las luminarias analizadas son del mismo tipo (28W) la potencia total instalada en el edificio está dado por:  $3 \text{ salas} \cdot 36 \text{ luminarias} \cdot 28W = 3.024 \text{ W}$ .

La eficiencia lumínica entonces es la siguiente:

$$\text{Eficiencia Lumínica} = \frac{129.600}{3024} = 42,86 \left( \frac{Lm}{W} \right)$$

En este caso, el edificio cumple con la eficiencia lumínica ya que es mayor al mínimo exigido de 34 Lm/W.

### **Eficiencia Energética**

En el caso de la eficiencia energética, esta debe calcularse para cada recinto a analizar. En este caso, como el edificio “ejemplo” consta de 3 salas de clases, el resultado de una sala de clases es idéntico al de las otras 2.

De este modo, para una sala de clases, la eficiencia energética está dado por:

$$\text{Eficiencia Energética} = \frac{P \cdot 100}{A \cdot E_m}$$

Donde:  $P$ : potencia instalada en el recinto, que en este caso es  $28W \times 36 \text{ luminarias} = 1.008 \text{ (W)}$

$A$ : área igual a  $40 \text{ (m}^2\text{)}$

$E_m$ : nivel de iluminación requerido, que en este caso es de  $500 \text{ (lx)}$

De esta forma, la eficiencia energética es la siguiente para cada sala de clases:

$$\text{Eficiencia Energética} = \frac{1.008 \cdot 100}{40 \cdot 500} = 5,04 \left( \frac{W}{m^2 \cdot lux} \right)$$

Cada una de las tres salas de clases tiene una eficiencia energética de 5,04 (W/m<sup>2</sup>·lx), por lo tanto cumple con la exigencia de máximo 12 W/m<sup>2</sup>·lx.

## 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA

Procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de las exigencias básicas en fase obra o construcción (no necesariamente post ocupacional). Se aplica al análisis, inspección y ensayos en laboratorio o en obra de materiales, partes del edificio o el edificio en su conjunto. Contiene instrucciones y referencias de métodos de ensayo, de cálculo y otros.

La verificación en obra se realizará a partir de la inspección de aparatos de iluminación, los cuales deben tener características similares a los presentados tanto en los antecedentes del método de cálculo, en los cálculos realizados por el proyectista, y en los planos de Planta o esquema presentados con la distribución de luminarias indicando el tipo de luminarias.

Se deberá comprobar además que los recintos analizados cuentan con los metros cuadrados descritos en los planos del proyecto, y en los cálculos realizados.

## 6 GLOSARIO

**Eficiencia Lumínica (Lm/W):** flujo luminoso por unidad de potencia, definido para el tipo de luminaria a utilizar.

**Eficiencia Energética (W/m<sup>2</sup>·lx):** potencia por unidad de superficie, definido para el tipo de luminaria a utilizar por cada 100 Lux, según el nivel de iluminancia requerido para cada recinto.

**Iluminación Directa:** se denomina iluminación directa, a la iluminación en la cual el rayo de luz se dirige desde la fuente (luminaria) hacia la superficie, sin mediar obstáculo alguno.

**Iluminación Indirecta:** se denomina iluminación indirecta, a la iluminación en la cual el rayo de luz se ve interrumpido por obstáculos, por lo que la luz que ilumina los objetos o superficie proviene de la reflexión de la luz en otros objetos o en los paramentos del recinto.

**Reflectancias:** cociente entre el flujo radiante o luminoso reflejado y el flujo incidente en las condiciones dadas. Se expresa en tanto por ciento o en tanto por uno.

**Sistema de control y regulación:** conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a controlar de forma automática o manual el encendido y apagado o el flujo luminoso de una instalación de iluminación. Se distinguen 4 tipos fundamentales:

- a) regulación y control bajo demanda del usuario, por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia;
- b) regulación de iluminación artificial según aporte de luz natural por ventanas, cristaleras, lucernarios o claraboyas;
- c) control del encendido y apagado según presencia en la zona;
- d) regulación y control por sistema centralizado de gestión.

**Sistema de temporización:** conjunto de dispositivos, cableado y componentes destinados a controlar de forma automática, el apagado de una instalación de iluminación en función de un tiempo de encendido prefijado.

## 7 BIBLIOGRAFÍA

- Instalaciones Eléctricas I. Facultad de Ciencia y Tecnología Universidad Mayor de San Simón, Bolivia.
- Código Técnico de la Edificación. Sección H3E. 2006
- Norma UNE 12464.1: Norma Europea sobre la iluminación para interiores
- McMullan, Randall. 2007, Environmental Science in Building.





***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 5**

**Contribución Solar Mínima de Agua Caliente Sanitaria**





**Guía Técnica de Apoyo N° 5**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA. ....</b>	<b>3</b>
	2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS .....	3
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO.....</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO.....</b>	<b>5</b>
	4.1 DATOS PREVIOS .....	5
	4.2 CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN.....	14
	4.3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.....	14
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS .....</b>	<b>15</b>
	5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO.....	15
	5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.....	15
<b>6</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>16</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS/BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>17</b>

**Guía Técnica de Apoyo N° 5**

**AHORRO DE ENERGÍA**

Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Contribución solar mínima en %. ..... 4

Tabla 2: Demandas de ACS de referencia a 45 °C: ..... 5

Tabla 3: Zonificación climática de Radiación Solar en base a la radiación solar global media anual sobre superficie horizontal. .... 6

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar ..... 7

**Guía Técnica de Apoyo N° 5**

**AHORRO DE ENERGÍA**

**Contribución solar mínima al agua caliente sanitaria**

Esta guía técnica establece la exigencia de contribución solar mínima en instalaciones de agua caliente sanitaria que deberán cumplir las diferentes tipologías de edificios que se enmarcan dentro de ámbito de aplicación definido.

Se establecen los indicadores, procedimientos de cálculo y los métodos de comprobación, tanto en la fase de diseño como en la de ejecución de obra con el objeto de disminuir y/o limitar la demanda de energía por este concepto.

## 1 ÁMBITO DE APLICACIÓN.

El presente documento básico es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m<sup>2</sup> y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

Esta exigencia aplica para todos aquellos edificios de construcción nueva, indistintamente de su uso, en el que exista una demanda de agua caliente sanitaria.

La contribución solar mínima que resulte de la aplicación de esta guía técnica, podrá disminuirse justificadamente sólo cuando existan limitaciones no subsanables derivadas de la normativa urbanística aplicable, que imposibiliten de forma evidente la disposición de la superficie de captación necesaria.

## 2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.

### 2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS

La contribución solar mínima anual es la fracción entre los valores anuales de la energía solar aportada (exigida) y la demanda energética anual de agua caliente sanitaria, obtenidos a partir de los valores mensuales. Su indicador es la energía anual para el calentamiento de agua, expresada en KJ/año, que corresponde a la cantidad de energía anual aportada por la instalación solar térmica.

La Tabla 1 indica, para cada zona climática y diferentes niveles de demanda de agua caliente sanitaria (ACS) a una temperatura de referencia de 45 °C, la contribución solar mínima anual.

Tabla 1: Contribución solar mínima en %.

<i>Demanda total de ACS del edificio (l/d)</i>	<b>ZONA CLIMÁTICA DE RADIACIÓN SOLAR</b>					
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>F</b>
50-5.000	70	60	50	40	35	30
5.000 - 6.000	70	60	55	45	35	30
6.000 -7.000	70	60	55	45	35	30
7.000 - 8.000	70	60	55	45	39	30
8.000 - 9.000	70	65	55	45	39	30
9.000 - 10.000	70	65	55	45	39	30
10.000 - 12.500	75	66	57	48	39	30
12.500 - 15.000	75	66	57	48	39	30
15.000 - 17.500	75	66	57	48	39	30
17.500 - 20.000	75	66	57	48	39	30
> 20.000	75	66	57	48	39	30

Fuente: Elaboración propia.

### 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

El dimensionado de la instalación estará limitado por el cumplimiento de la condición de que en ningún mes del año la energía producida por la instalación podrá superar el 110 % de la demanda energética de ACS y en no más de tres meses el 100 % y a estos efectos no se tomarán en consideración aquellos periodos de tiempo en los cuales la demanda energética se sitúe un 50 % por debajo de la media correspondiente al resto del año, tomándose medidas de protección.

Las pérdidas por orientación e inclinación del sistema generador no podrán ser superiores al 10%, las provocadas por sombras serán inferiores al 10%, así mismo las pérdidas totales no podrán superar el 15%.

## 4 PROCEDIMIENTO

### 4.1 DATOS PREVIOS

#### 4.1.1 CÁLCULO DE DEMANDA

Para valorar las demandas se tomarán los valores unitarios que aparecen en la siguiente tabla:

Tabla 2: Demandas de ACS de referencia a 45 °C:

Criterio de Consumo	Lts./día	
Viviendas Unifamiliares	40	por persona
Viviendas Multifamiliares	30	por persona
Hospitales y Clínicas	80	por cama
Hoteles (4 Estrellas)	100	por cama
Hoteles (3 Estrellas)	80	por cama
Hoteles/Hostales (2 Estrellas)	60	por cama
Campings	60	por emplazamiento
Hostales/Pensiones (1 Estrella)	50	por cama
Residencias (ancianos, estudiantes, etc.)	80	por cama
Vestuarios/Duchas Colectivas	20	por servicio
Escuelas	5	por alumno
Cuarteles	30	por persona
Fábricas y Talleres	20	por persona
Oficinas	5	por persona
Gimnasios	30 a 40	por usuario
Lavanderías	5 a 7	por kilo de ropa
Restaurantes	8 a 15	por comida
Cafeterías	2	por almuerzo

Fuente: Sistemas solares térmicos - Manual de diseño para el calentamiento de agua, CDT.

#### 4.1.2 ZONAS CLIMÁTICAS DE RADIACIÓN SOLAR

Se considera la zonificación climática utilizada en la Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365 del Ministerio de Energía. Las zonas se definen teniendo en cuenta la Radiación Solar Global media anual sobre superficie horizontal (H), tomando los intervalos que se relacionan para cada una de las zonas, como se indica a continuación:

Tabla 3: Zonificación climática de Radiación Solar en base a la radiación solar global media anual sobre superficie horizontal.

Zona Climática	Radiación Solar Global Media Anual (H)
	[KWh/m <sup>2</sup> año]
A	1948 ≤ H
B	1701 ≤ H < 1948
C	1454 ≤ H < 1701
D	1208 ≤ H < 1454
E	961 ≤ H < 1208
F	961 < H

Fuente: Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365 – Ministerio de Energía.

En la Tabla 4 se entrega información respecto de la zonificación climática de radiación solar que le corresponde a cada comuna de nuestro país, así como la latitud media correspondiente.

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar

Región	Provincia	Comuna	Id	Latitud media (S)	Zona climática *
XV Región de Arica y Parinacota	Arica	Arica	12	19	A
XV Región de Arica y Parinacota	Arica	Camarones	25	19	A
XV Región de Arica y Parinacota	Parinacota	General Lagos	99	18	A
XV Región de Arica y Parinacota	Parinacota	Putre	244	18	A
I Región de Tarapacá	Iquique	Alto Hospicio	5	20	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Camíña	26	19	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Colchane	57	19	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Huara	108	20	A
I Región de Tarapacá	Iquique	Iquique	113	21	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Pica	218	20	A
I Región de Tarapacá	Tamarugal	Pozo Almonte	227	21	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Antofagasta	9	24	A
II Región de Antofagasta	El Ilo	Calama	19	22	A
II Región de Antofagasta	Tocopilla	María Elena	166	22	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Mejillones	171	23	A
II Región de Antofagasta	El Ilo	Ollagüe	190	21	A
II Región de Antofagasta	El Ilo	San Pedro de Atacama	298	23	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Sierra gorda	310	23	A
II Región de Antofagasta	Antofagasta	Taltal	314	25	A
II Región de Antofagasta	Tocopilla	Tocopilla	322	22	A
III Región de Atacama	Huasco	Alto del Carmen	4	29	A
III Región de Atacama	Copiapó	Caldera	21	27	B
III Región de Atacama	Chañaral	Chañaral	39	26	A
III Región de Atacama	Copiapó	Copiapó	67	27	A
III Región de Atacama	Chañaral	Diego de Almagro	81	26	A
III Región de Atacama	Huasco	Freirina	93	29	B
III Región de Atacama	Huasco	Huasco	109	28	C
III Región de Atacama	Copiapó	Tierra Amarilla	318	28	A
III Región de Atacama	Huasco	Vallenar	331	29	A
IV Región de Coquimbo	Elqui	Andacollo	7	30	B
IV Región de Coquimbo	Choapa	Canela	27	31	C
IV Región de Coquimbo	Limarí	Combarbalá	61	31	A
IV Región de Coquimbo	Elqui	Coquimbo	68	30	C
IV Región de Coquimbo	Choapa	Illapel	111	32	A
IV Región de Coquimbo	Elqui	La Higuera	122	29	A
IV Región de Coquimbo	Elqui	La Serena	126	30	B
IV Región de Coquimbo	Choapa	Los Vilos	157	32	C
IV Región de Coquimbo	Limarí	Monte Patria	175	31	A
IV Región de Coquimbo	Limarí	Ovalle	193	31	B
IV Región de Coquimbo	Elqui	Paiguano	196	30	A
IV Región de Coquimbo	Limarí	Punitaqui	238	31	B
IV Región de Coquimbo	Limarí	Río Hurtado	272	30	A
IV Región de Coquimbo	Choapa	Salamanca	279	32	A
IV Región de Coquimbo	Elqui	Vicuña	335	30	A
V Región de Valparaíso	San Antonio	Algarrobo	1	33	D
V Región de Valparaíso	Petorca	Cabildo	16	32	B
V Región de Valparaíso	Quillota	Calera	22	33	C
V Región de Valparaíso	Los Andes	Calle Larga	24	33	B

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

V Región de Valparaíso	San Antonio	Cartagena	30	34	D
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Casablanca	31	33	C
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Catemu	33	33	B
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Concón	64	33	D
V Región de Valparaíso	San Antonio	El Quisco	86	33	D
V Región de Valparaíso	San Antonio	El Tabo	87	33	D
V Región de Valparaíso	Quillota	Hijuelas	103	33	C
V Región de Valparaíso	Isla de Pascua	Isla de Pascua	115	27	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Juan Fernández	116	34	C
V Región de Valparaíso	Quillota	La Cruz	118	33	C
V Región de Valparaíso	Petorca	La Ligua	123	32	C
V Región de Valparaíso	Quillota	Limache	139	33	C
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Llaillay	142	33	B
V Región de Valparaíso	Los andes	Los Andes	152	33	B
V Región de Valparaíso	Quillota	Nogales	184	33	C
V Región de Valparaíso	Quillota	Olmué	191	33	C
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Panquehue	202	33	B
V Región de Valparaíso	Petorca	Papudo	203	32	D
V Región de Valparaíso	Petorca	Petorca	216	32	B
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Puchuncaví	230	33	D
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Putendo	243	32	B
V Región de Valparaíso	Quillota	Quillota	253	33	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Quilpué	254	33	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Quintero	258	33	D
V Región de Valparaíso	Los andes	Rinconada	269	33	B
V Región de Valparaíso	San Antonio	San Antonio	280	34	C
V Región de Valparaíso	Los andes	San Esteban	284	33	B
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	San Felipe	286	33	B
V Región de Valparaíso	San Felipe de Aconcagua	Santa María	307	33	B
V Región de Valparaíso	San Antonio	Santo Domingo	309	34	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Valparaíso	332	33	D
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Villa Alemana	338	33	C
V Región de Valparaíso	Valparaíso	Viña del Mar	340	33	D
V Región de Valparaíso	Petorca	Zapallar	345	33	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Chépica	40	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Chimbarongo	45	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Codegua	52	34	B
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Coinco	55	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Coltauco	60	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Doñihue	82	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Graneros	101	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	La Estrella	119	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Las Cabras	134	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Litueche	141	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Lolol	147	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Machalí	160	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Malloa	164	34	C

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Marchihue	165	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Mostazal	176	34	B
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Nancagua	179	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Navidad	181	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Olivar	189	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Palmilla	200	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Paredones	204	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Peralillo	214	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Peumo	217	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Pichidegua	219	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cardenal Caro	Pichilemu	220	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Placilla	224	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Pumanque	237	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Quinta de Tilcoco	256	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Rancagua	260	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Rengo	266	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	Requinoa	267	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	San Fernando	287	35	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Cachapoal	San Vicente	303	34	C
VI Región del Libertador General Bernardo O'Higgins	Colchagua	Santa Cruz	305	35	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Cauquenes	34	36	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Chanco	38	36	C
VII Región del Maule	Linares	Colbún	56	36	C
VII Región del Maule	Talca	Constitución	65	35	C
VII Región del Maule	Talca	Curepto	78	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Curicó	79	35	C
VII Región del Maule	Talca	Empedrado	88	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Hualañé	105	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Licantén	138	35	C
VII Región del Maule	Linares	Linares	140	36	C
VII Región del Maule	Linares	Longaví	149	36	C
VII Región del Maule	Talca	Maule	169	36	C
VII Región del Maule	Curicó	Molina	174	35	C
VII Región del Maule	Linares	Parral	205	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pelarco	207	35	C
VII Región del Maule	Cauquenes	Pelluhue	208	36	C
VII Región del Maule	Talca	Pencahue	210	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Rauco	262	35	C
VII Región del Maule	Linares	Retiro	268	36	C
VII Región del Maule	Talca	Río Claro	271	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Romeral	276	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Sagrada Familia	278	35	C
VII Región del Maule	Talca	San Clemente	283	36	C
VII Región del Maule	Linares	San Javier	290	36	C
VII Región del Maule	Talca	San Rafael	300	35	C
VII Región del Maule	Talca	Talca	312	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Teno	316	35	C
VII Región del Maule	Curicó	Vichuquén	333	35	C

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

VII Región del Maule	Linares	Villa Alegre	337	36	C
VII Región del Maule	Linares	Yerbas Buenas	342	36	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Alto Biobío	3	38	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Antuco	10	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Arauco	11	37	D
VIII Región del Biobío	Ñuble	Bulnes	15	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Cabrero	18	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Cañete	28	38	D
VIII Región del Biobío	Concepción	Chiguayante	41	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Chillán	43	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Chillán Viejo	44	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Cobquecura	49	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Coelemu	53	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Coihueco	54	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Concepción	62	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Contulmo	66	38	D
VIII Región del Biobío	Concepción	Coronel	69	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Curanilahue	76	37	D
VIII Región del Biobío	Ñuble	El carmen	84	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Florida	91	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Hualpén	106	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Hualqui	107	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Laja	131	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Lebu	137	38	D
VIII Región del Biobío	Arauco	Los Alamos	151	38	D
VIII Región del Biobío	Biobío	Los Angeles	153	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Lota	158	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Mulchén	177	38	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Nacimiento	178	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Negrete	182	38	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Ninhue	183	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Ñiquén	186	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Pemuco	209	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Penco	211	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Pinto	221	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Portezuelo	225	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Quilaco	249	38	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Quilleco	251	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Quillón	252	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Quirihue	259	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Ránquil	261	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Carlos	282	36	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Fabián	285	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Ignacio	289	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	San Nicolás	295	36	C
VIII Región del Biobío	Concepción	San Pedro de la Paz	299	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	San Rosendo	302	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Santa Bárbara	304	38	C

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

VIII Región del Biobío	Concepción	Santa Juana	306	37	C
VIII Región del Biobío	Concepción	Talcahuano	313	37	C
VIII Región del Biobío	Arauco	Tirúa	321	38	D
VIII Región del Biobío	Concepción	Tomé	324	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Treguaco	328	36	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Tucapel	329	37	C
VIII Región del Biobío	Biobío	Yumbel	343	37	C
VIII Región del Biobío	Ñuble	Yungay	344	37	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Angol	8	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Carahue	29	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Cholchol	46	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Collipulli	59	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Cunco	72	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Curacautín	73	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Curarrehue	77	39	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Ercilla	89	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Freire	92	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Galvarino	98	38	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Gorbea	100	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Lautaro	136	39	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Loncoche	148	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Lonquimay	150	38	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Los Sauces	156	38	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Lumaco	159	38	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Melipeuco	172	39	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Nueva Imperial	185	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Padre las Casas	195	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Perquenco	215	38	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Pitrufquén	223	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Pucón	231	39	C
IX Región de la Araucanía	Malleco	Purén	241	38	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Renaico	264	38	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Saavedra	277	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Temuco	315	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Teodoro Schmidt	317	39	D
IX Región de la Araucanía	Cautín	Toltén	323	39	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Traiguén	327	38	D
IX Región de la Araucanía	Malleco	Victoria	334	38	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Vilcún	336	39	C
IX Región de la Araucanía	Cautín	Villarrica	339	39	D
XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Corral	70	40	D
XIV Región de Los Ríos	Ranco	Futroneo	97	40	D
XIV Región de Los Ríos	Ranco	La Unión	127	40	D
XIV Región de Los Ríos	Ranco	Lago Ranco	128	40	D
XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Lanco	133	40	D
XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Los Lagos	154	40	D
XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Máfil	162	40	D
XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Mariquina	168	40	D

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Paillaco	197	40	D
XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Panguipulli	201	40	D
XIV Región de Los Ríos	Ranco	Río Bueno	270	40	D
XIV Región de Los Ríos	Valdivia	Valdivia	330	40	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Ancud	6	42	E
X Región de los Lagos	Llanquihue	Calbuco	20	42	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Castro	32	42	E
X Región de los Lagos	Palena	Chaitén	37	43	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Chonchi	47	43	E
X Región de los Lagos	Llanquihue	Cochamó	50	42	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Curaco de Vélez	75	42	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Dalcahue	80	42	E
X Región de los Lagos	Llanquihue	Fresia	94	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Frutillar	95	41	D
X Región de los Lagos	Palena	Futaleufú	96	43	D
X Región de los Lagos	Palena	Hualaihué	104	42	E
X Región de los Lagos	Llanquihue	Llanquihue	143	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Los Muermos	155	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Maullín	170	42	D
X Región de los Lagos	Osorno	Osorno	192	41	D
X Región de los Lagos	Palena	Palena	199	44	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Puerto Montt	234	41	D
X Región de los Lagos	Osorno	Puerto Octay	235	41	D
X Región de los Lagos	Llanquihue	Puerto Varas	236	41	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Puqueldón	240	43	E
X Región de los Lagos	Osorno	Purranque	242	41	D
X Región de los Lagos	Osorno	Puyehue	245	41	D
X Región de los Lagos	Chiloé	Queilén	246	43	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Quellón	247	43	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Quemchi	248	42	E
X Región de los Lagos	Chiloé	Quinchao	255	43	E
X Región de los Lagos	Osorno	Río Negro	274	41	D
X Región de los Lagos	Osorno	San Juan de la Costa	293	41	D
X Región de los Lagos	Osorno	San Pablo	296	40	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aisén	Aisén	13	46	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	General Carrera	Chile Chico	42	47	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aisén	Cisnes	48	44	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Capitán Prat	Cochrane	51	47	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Coihaique	Coyhaique	71	46	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Aisén	Guaitecas	102	44	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Coihaique	Lago Verde	129	44	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Capitán Prat	O'higgins	188	49	E
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	General Carrera	Río Ibáñez	273	46	D
XI Región de Aisén del General Carlos Ibáñez del Campo	Capitán Prat	Tortel	326	48	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Antártica Chilena	Cabo de Hornos	17	55	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	Laguna Blanca	130	52	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Última Esperanza	Natales	180	51	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Porvenir	226	53	E

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Primavera	228	53	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	Punta Arenas	239	54	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	Río Verde	275	53	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Magallanes	San Gregorio	288	52	E
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Tierra del Fuego	Timaukel	320	54	F
XII Región de Magallanes y la Antártica Chilena	Ultima Esperanza	Torres del Paine	325	51	E
Región Metropolitana	Melipilla	Alhué	2	34	C
Región Metropolitana	Maipo	Buín	14	34	B
Región Metropolitana	Maipo	Calera de Tango	23	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Cerrillos	35	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Cerro Navia	36	33	B
Región Metropolitana	Chacabuco	Colina	58	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Conchalí	63	33	B
Región Metropolitana	Melipilla	Curacaví	74	33	C
Región Metropolitana	Santiago	El bosque	83	34	B
Región Metropolitana	Talagante	El monte	85	34	C
Región Metropolitana	Santiago	Estación Central	90	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Huechuraba	110	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Independencia	112	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Isla de Maipo	114	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Cisterna	117	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Florida	120	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Granja	121	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Pintana	124	34	B
Región Metropolitana	Santiago	La Reina	125	33	B
Región Metropolitana	Chacabuco	Lampa	132	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Las Condes	135	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Lo Bamechea	144	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Lo Espejo	145	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Lo Prado	146	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Macul	161	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Maipú	163	34	B
Región Metropolitana	Melipilla	María Pinto	167	33	C
Región Metropolitana	Melipilla	Melipilla	173	34	C
Región Metropolitana	Santiago	Ñuñoa	187	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Padre Hurtado	194	34	B
Región Metropolitana	Maipo	Paine	198	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Pedro Aguirre Cerda	206	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Peñaflor	212	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Peñalolén	213	33	B
Región Metropolitana	Cordillera	Pirque	222	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Providencia	229	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Pudahuel	232	33	B
Región Metropolitana	Cordillera	Puente alto	233	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Quilicura	250	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Quinta Normal	257	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Recoleta	263	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Renca	265	33	B

Tabla 4: Información comunal: Latitud media y zona climática de radiación solar (continuación)

Región Metropolitana	Maipo	San Bernardo	281	34	B
Región Metropolitana	Santiago	San Joaquín	291	33	B
Región Metropolitana	Cordillera	San José de Maipo	292	34	C
Región Metropolitana	Santiago	San Miguel	294	33	B
Región Metropolitana	Melipilla	San Pedro	297	34	C
Región Metropolitana	Santiago	San Ramón	301	34	B
Región Metropolitana	Santiago	Santiago	308	33	B
Región Metropolitana	Talagante	Talagante	311	34	B
Región Metropolitana	Chacabuco	Tiltil	319	33	B
Región Metropolitana	Santiago	Vitacura	341	33	B

\* Zona climática de radiación solar.

Fuente: Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365 – Ministerio de Energía.

Las siguientes variables serán obtenidas de la **Norma Técnica que determina algoritmo para la verificación de la contribución solar mínima de los Sistemas Solares Térmicos acogidos a la franquicia tributaria de la Ley N° 20.365**:

- Factor Modificador de la Radiación Incidente a una Superficie Inclinada ( $F_{d_i}$ )
- Radiación Solar Global Sobre Superficie Horizontal ( $kWh/m^2$ )
- Radiación Solar Difusa Sobre Superficie Horizontal ( $kWh/m^2$ )
- Temperatura Ambiente Media Mensual y Media Anual ( $^{\circ}C$ )
- Temperatura de Agua de Red Media Mensual y Media Anual ( $^{\circ}C$ )

#### 4.2 CONDICIONES GENERALES DE LA INSTALACIÓN.

El tipo de fluido de trabajo, los sistemas de protección contra heladas y los sistemas de protección contra sobrecalentamientos, deberán diseñarse conforme se establece y/o recomienda en los siguientes documentos: Manual de Diseño para el calentamiento de agua, y, Guía de Diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria, desarrollados por la Corporación de Desarrollo Tecnológico – Cámara Chilena de la Construcción.

#### 4.3 CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO.

El sistema de captación, el de acumulación, el de intercambio, los circuitos hidráulicos, el sistema de energía convencional auxiliar, el sistema de control y el sistema de medida deberán diseñarse conforme se establece y/o recomienda en los siguientes documentos: Manual de Diseño para el calentamiento de agua, y, Guía de Diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria, desarrollados por la Corporación de Desarrollo Tecnológico – Cámara Chilena de la Construcción.

## 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO.

Para la verificación del cumplimiento de la exigencia en fase de diseño deberá realizarse una revisión del proyecto; planos, especificaciones técnicas y memoria de cálculo. Para verificar el diseño de la instalación podrán utilizarse alguna de las siguientes herramientas:

- a) **Programa simplificado de cálculo:** Es un programa de cálculo estático que normalmente utiliza valores medios mensuales de los parámetros climáticos y de demanda. La herramienta válida de este tipo es el programa **f-Chart**
- b) **Programas de simulación estáticos:** Los programas de simulación estáticos (llamados de time-step), permiten una evaluación más cercana a la dinámica sobre la base de parámetros climáticos y de demanda en una resolución por hora o menos. Las herramientas válidas de este tipo son los siguientes programas: **T\*SOL, TRNSYS, SIMSOL y TRANSOL,**

En ambos tipos de herramientas deberán contemplarse los aspectos definidos en el capítulo 4 de este documento.

### 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.

En la fase de construcción, se realizará una inspección técnica por un organismo competente, el cual procurará que la instalación se ejecute conforme fue establecido en fase de diseño/proyecto.

Las pruebas de la instalación se efectuarán por la empresa instaladora, que dispondrá de los medios humanos y materiales necesarios para efectuar las pruebas parciales y finales según normas. Estas pruebas deben realizarse en presencia del profesional responsable del proyecto.

## 6 GLOSARIO

**Captadores solares:** son los elementos que capturan la radiación solar y la convierten en energía térmica.

**Radiación solar:** es la energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.

**Radiación Solar Global media diaria anual:** es la energía procedente del sol que llega a una determinada superficie (global), tomando el valor anual como suma de valores medios diarios.

**Instalación Solar Térmica:** sistema formado por captadores solares, un circuito primario y secundario, intercambiador de calor, acumulador, vaso de expansión y tuberías. Si el sistema funciona por termosifón, la diferencia de densidad por cambio de temperatura la que moverá el líquido. Si el sistema es forzado, entonces incluirá además: bombas y un panel de control principal.

## REFERENCIAS/BIBLIOGRAFÍA

Cámara Chilena de la Construcción - Corporación de desarrollo Tecnológico. (2007). Sistemas Solares Térmicos – Manual de Diseño para el calentamiento de agua. 1° Edición. Santiago – Chile.

Cámara Chilena de la Construcción - Corporación de desarrollo Tecnológico. (2010). Sistemas Solares Térmicos II – Guía de diseño e instalación para grandes sistemas de agua caliente sanitaria. 1° Edición. Santiago – Chile.

Ministerio de Energía de Chile. (2010). Resolución Exenta N° 502. Santiago – Chile.

Ministerio de Hacienda de Chile. (2010). Ley 20.365 – Franquicia Tributaria respecto de sistemas solares térmicos. Santiago – Chile.

Ministerio de Vivienda de España. (2009). Código Técnico de la Edificación – Documento Básico HE Ahorro de energía. Madrid – España.





***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 6**

**Calidad del Aire Interior**





Guía Técnica de Apoyo N° 6

CONFORT AMBIENTAL  
Calidad del aire interior

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....</b>	<b>3</b>
	2.1 EXIGENCIA BÁSICA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR .....	3
	2.2 INDICADORES Y PARÁMETROS.....	3
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO .....</b>	<b>4</b>
	3.1 VALORES LÍMITES.....	4
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>6</b>
	4.1 ANTECEDENTES PREVIOS .....	6
	4.2 METODOLOGÍA .....	6
	4.3 CÁLCULOS .....	7
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....</b>	<b>14</b>
	5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO .....	14
	5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA .....	14
<b>6</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>18</b>

**Guía Técnica de Apoyo N° 6**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Calidad del aire interior

**ÍNDICE DE TABLAS**

Tabla 1: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios de Oficinas .....	4
Tabla 2: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios Educativos .....	5
Tabla 3: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios de Salud .....	5
Tabla 4: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios de Seguridad .....	6
Tabla 5: Coeficiente de entorno-altura, $C_e$ .....	9
Tabla 6: Coeficiente de presiones de viento, $C_p$ .....	9
Tabla 7: Coeficientes de presión de viento según altura del edificio y clase de protección.....	10
Tabla 8: Clases de permeabilidad al aire de ventanas. ....	10
Tabla 9: Clases aceptables de permeabilidad al aire de ventanas dispuestas sobre fachadas.....	11
Tabla 10: Cociente del caudal a través de una ventana inferior oscilante y la misma abierta .....	12
Tabla 11: Áreas mínimas de admisión de aire a través de ventanas por zona climática. ....	13

**Guía Técnica de Apoyo N° 6**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Calidad del aire interior

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica calidad del aire interior en recintos de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

## **1 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

El presente documento es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m<sup>2</sup> y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

Esta Guía aplica para edificios públicos de oficina, educación, salud y seguridad, tanto en el interior de los mismos como en aquellos recintos que sirven para una ocupación humana típica y donde se dan emisiones de baja intensidad debida a materiales o sustancias olorosas.

Para recintos de cualquier otro tipo, tales como garajes, bodegas, almacenes de residuos, laboratorios, talleres, baños, etc. se considera que se cumple con las exigencias básicas si se observan las condiciones establecidas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas de Chile, RITCH.

## **2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA**

### **2.1 EXIGENCIA BÁSICA CALIDAD DEL AIRE INTERIOR**

Los edificios dispondrán de medios para que sus recintos se puedan ventilar adecuadamente, eliminando los contaminantes que se produzcan de forma habitual durante el uso normal de los recintos, de forma que se aporte un caudal suficiente de aire exterior y se garantice la extracción y expulsión del aire viciado.

El aire exterior podrá ser provisto a través de medios de ventilación natural, mecánica o híbrida. Las infiltraciones de aire a través de las ventanas aportan aire exterior al balance y deben ser consideradas.

### **2.2 INDICADORES Y PARÁMETROS**

Los parámetros que definen la calidad del aire interior se agrupan en los siguientes indicadores, definiéndose valores límites para el diseño de recintos particulares:

- a) **Tasa de aire exterior por persona**,  $T_{ap}$  ( $m^3/h$ -persona): caudal de aire exterior fresco por persona según programa de ocupación del recinto que consulta el proyecto y/o;
- b) **Tasa de aire exterior por superficie**,  $T_{as}$  ( $m^3/h \cdot m^2$ ): caudal de aire exterior fresco por unidad de superficie del recinto a ventilar.

### 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

#### 3.1 VALORES LÍMITES

Los caudales de ventilación mínimo para los recintos de los edificios públicos que trata este documento, se obtienen de la Tabla 1: Caudales de ventilación mínimo exigidos, teniendo presente las siguientes reglas:

- a) Se considera el caudal mayor que resulte de cuantificar las necesidades, según la tasa de aire exterior por persona o por unidad de superficie.
- b) Los caudales se definen para el uso, densidad ocupacional y programa de funcionamiento normalizado definidos en la reglamentación y/o proyecto.

Tabla 1: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios de Oficinas

RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS DE OFICINAS		
Tipo de recinto	Índice de aire exterior por persona	Índice de aire exterior por Área
	$l/s \cdot persona$	$l/s \cdot m^2$
Oficina	2,5	0,3
Áreas de recepción	2,5	0,3
Teléfono / ingreso de datos	2,5	0,3
Hall de acceso principal	2,5	0,3

Fuente: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 2010 (1)

Tabla 2: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios Educativos

<b>RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS EDUCACIONALES</b>		
<b>Tipo de recinto</b>	<b>Índice de aire exterior por persona</b>	<b>Índice de aire exterior por Área</b>
	<b>l/s-persona</b>	<b>l/s·m<sup>2</sup></b>
Sala Cuna y Jardín Infantil (hasta edad 4 años)	5	0,9
Enfermería en Sala Cuna y Jardín Infantil	5	0,9
Sala de clase (edad 5-8 años)	5	0,6
Sala de clase (sobre 9 años)	5	0,6
Auditorio	3,8	0,3
Sala de clases de arte	5	0,9
Taller de maderas / metales	5	0,9
Laboratorios	5	0,9
Laboratorio de Computación	5	0,6
Centro multimedia	5	0,6
Música / teatro / danza	5	0,3
Sala de uso múltiple	3,8	0,3

Fuente: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 2010 (1)

Tabla 3: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios de Salud

<b>RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS DE SALUD</b>		
<b>Tipo de recinto</b>	<b>Índice de aire exterior por persona</b>	<b>Índice de aire exterior por Área</b>
	<b>l/s-persona</b>	<b>l/s·m<sup>2</sup></b>
Salas de pacientes	5	0,9
Salas de espera	5	0,9
Pasillos/Espacios de circulación	3	0,4
Sala de enfermeras	5	0,9
Sala de tratamiento	8	1,2
Sala de recuperación	8	1,2
Sala de aislamiento	8	1,2
Pabellones quirúrgicos	8	1,2

Fuente: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 2010 (1)

Tabla 4: Caudales de ventilación mínimo exigidos: Edificios de Seguridad

RANGOS MÍNIMOS DE VENTILACIÓN EN EDIFICIOS DE SEGURIDAD		
Tipo de recinto	Índice de aire exterior por persona	Índice de aire exterior por Área
	<i>l/s-persona</i>	<i>l/s·m<sup>2</sup></i>
Celda	2,5	0,6
Sala de día	2,5	0,3
Estación de guardia	2,5	0,3
Sala de ingreso/espera	3,8	0,3

Fuente: ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1 2010 (1)

## 4 PROCEDIMIENTO

### 4.1 ANTECEDENTES PREVIOS

En todos los casos se deberá contar a lo menos con los siguientes antecedentes previos:

- Proyecto de arquitectura del edificio: Antecedentes para deducir la geométrica del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.
- Proyecto o antecedentes sobre las instalaciones o sistemas previstos para la ventilación: Se deben incluir las especificaciones técnicas, junto con certificados o informes de rendimiento de equipos y dispositivos.
- Informes oficiales o certificados de las características de permeabilidad al aire de las ventanas integrantes de las fachadas del edificio.
- Información meteorológica de la localidad o de la localidad más próxima si no la hubiese: Específicamente antecedentes sobre magnitud y dirección de vientos, y temperaturas estacionales y anuales.

### 4.2 METODOLOGÍA

Para el dimensionamiento y/o verificación de exigencias se podrá utilizar el método de cálculo directo que define el capítulo 4 o un programa informático basado en métodos de cálculo aceptados.

Independiente de la modalidad el desarrollo deberá considerar los siguientes aspectos:

- Particularización del destino del edificio y sus recintos según sus funciones y programa de ocupación.
- Definición arquitectónica del edificio, sus fachadas, ventanas presentes en ellas, detallando dimensiones, ubicación y orientaciones.
- Determinación de caudales de ventilación por recintos, según lo indicado en el capítulo 3 de esta guía.

- d) Definición de la estrategia de ventilación y de las instalaciones y/o medios previstos para ello, características técnicas, cuadros de rendimientos y otros que expliquen sus desempeños.
- e) Cálculo de la infiltración/exfiltración de aire a través de las ventanas resultado del efecto combinado de viento y stack, según la sección 4.3.
- f) Comprobación del aporte de las infiltraciones a través de ventanas a las necesidades de ventilación de cada recinto, determinadas en el apartado 4.3.4.
- g) Cálculo de la ventilación natural a través de dispositivos de admisión, de paso y de extracción, cuando se contemplen en el proyecto, según la sección 4.3.
- h) Comprobación del aporte de la ventilación natural a través de dispositivos previstos para la ventilación, según el apartado 4.3.7, a las necesidades de ventilación de cada recinto, determinadas en c).
- i) Cálculo de la ventilación mecánica prevista en el proyecto, conforme establece el reglamento de instalaciones térmicas de Chile (RITCH).
- j) Comprobación del aporte de la ventilación mecánica a las necesidades de ventilación de cada recinto, determinadas en c).

El criterio de cálculo y comprobación considera que las necesidades de ventilación pueden ser satisfechas por uno o la suma de varios medios de aireación natural o mecánico, incluyendo infiltraciones de aire. Se deberán comprobar los distintos aportes, de modo de ajustar debidamente el diseño a las necesidades de calidad de aire de los recintos.

### 4.3 CÁLCULOS

#### 4.3.1 CONDICIONES GENERALES DE LOS SISTEMAS DE VENTILACIÓN

Los edificios deben disponer de un sistema general de ventilación que puede ser natural, mecánica o híbrida.

Independiente de la solución que se consulte para la ventilación, esta deberá observar las siguientes características generales:

- a) El aire debe circular desde los recintos secos o limpios a los húmedos o sucios. Recintos húmedos o sucios se entienden por baños, cocinas, talleres, laboratorios y otros donde existan emisiones contaminantes importantes adicionales a las típicas humanas.
- b) Los recintos secos o limpios deben disponer de aberturas de admisión. Los recintos húmedos o sucios deben disponer de aberturas de extracción. Las particiones situadas entre los recintos con admisión y los recintos con extracción, deben disponer de aberturas de paso.
- c) Los recintos con varios usos deben disponer de las aberturas correspondientes en cada zona destinada a un uso diferente.
- d) Como aberturas de admisión, se dispondrán aberturas dotadas de aireadores o aperturas incorporadas en la carpintería de vanos. Se consideran también aberturas de admisión las aberturas de puertas y ventanas que comunican los recintos con el ambiente exterior.

- e) Cuando la ventilación sea híbrida, las aberturas de admisión deben comunicar directamente con el exterior.
- f) Todos los recintos deben tener un sistema complementario de ventilación natural, sea una ventana operable o una puerta.
- g) Los recintos sucios o húmedos deben disponer de un sistema adicional específico de ventilación con extracción mecánica. Para ello debe disponerse un extractor conectado a un conducto de extracción independiente de los de la ventilación general del edificio, que no puede utilizarse para la extracción de aire de recintos de otro uso. Cuando este conducto sea compartido por varios extractores, cada uno de éstos debe estar dotado de una válvula automática que mantenga abierta su conexión con el conducto sólo cuando esté funcionando o de cualquier otro sistema anti retorno.

#### 4.3.2 PRESIÓN SOBRE LA FACHADA POR EFECTO STACK

La presión sobre la fachada producida por el diferencial térmico y la altura de columna, se calculará mediante la siguiente expresión:

$$P_s = 0,04 (T_i - T_e) H_s$$

Donde: *P<sub>s</sub>*: presión por efecto stack sobre la fachada (Pa).  
*T<sub>i</sub>*: temperatura de confort media anual de diseño (°C).  
*T<sub>e</sub>*: temperatura exterior media anual de la localidad (°C).  
*H<sub>s</sub>*: altura de tiro térmico (m).

#### 4.3.3 PRESIÓN DE VIENTO SOBRE LA FACHADA

La presión de viento sobre la fachada para los efectos de cálculo de infiltraciones de aire, se deberá calcular mediante la siguiente expresión:

$$P_v = C_p C_e P_m$$

$$P_m = 0.613 (V_m)^2$$

Donde: *P<sub>v</sub>*: presión de viento sobre la fachada (Pa).  
*C<sub>p</sub>*: coeficiente de presión del viento (s/d).  
*C<sub>e</sub>*: coeficiente de entorno-altura (s/d).  
*P<sub>m</sub>*: presión media de vientos de la localidad (Pa).  
*V<sub>m</sub>*: velocidad media de viento de la localidad (m/s).

El coeficiente *C<sub>e</sub>*, de entorno–altura de la fachada y componentes, para condiciones de entorno, se presenta en la Tabla 5

Tabla 5: Coeficiente de entorno-altura, Ce.

Entorno del edificio	Altura de la fachada sobre el nivel del suelo exterior (m)					
	3	5	10	20	30	50
Centro de grandes ciudades	0,50	0,50	0,50	0,50	0,52	0,76
Zonas urbanas	0,50	0,50	0,50	0,66	0,85	1,12
Zonas rurales	0,52	0,52	0,66	0,94	1,12	1,39
Terreno abierto sin obstáculos	0,61	0,76	1,00	1,30	1,50	1,72

Fuente: UNE 85-220-86 (2)

El coeficiente  $C_p$ , de presión de viento, varía de acuerdo a la orientación, la altura de la fachada, características de la zona y condiciones de exposición del edificio. Valores de referencia se muestran en la Tabla 66.

Tabla 6: Coeficiente de presiones de viento,  $C_p$ .

Parte de la fachada	Protección	$C_p$ PRESIONES DEL VIENTO ADIMENSIONALES				
		Barlovento	Sotavento	Tejado (dependiendo de la inclinación)		
				< 10°	10° - 30°	> 30°
Baja	abierta	+ 0,50	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20
	normal	+ 0,25	- 0,50	- 0,60	- 0,50	- 0,20
	protegida	+ 0,05	- 0,30	- 0,50	- 0,40	- 0,20
Media	abierta	+ 0,65	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20
	normal	+ 0,45	- 0,50	- 0,60	- 0,50	- 0,20
	protegida	+ 0,25	- 0,30	- 0,50	- 0,40	- 0,20
Alta	abierta	+ 0,80	- 0,70	- 0,70	- 0,60	- 0,20

Fuente: EN 15242:2007 (3)

NOTA: Los coeficientes de presión del viento dados sólo son válidos para un sector del viento de aproximadamente +/- 60° al eje de la fachada. La dirección del viento no se considera más específicamente.

Las clases de protección de la fachada en que se dividen los edificios y los valores  $C_p$ , según la altura de éstos, se muestran en Tabla 7.

Tabla 7: Coeficientes de presión de viento según altura del edificio y clase de protección

PARTE DE LA FACHADA	VALORES CP DE PRESIÓN DE VIENTO DE LA ZONA
<b>Baja:</b> 0 a 15 (m)	- Si la altura media es inferior a 15 (m), el Cp se considera igual al de la parte baja de la fachada.
<b>Media:</b> 15 a 50 (m)	- Si la altura media está entre 15 y 50 (m), el Cp de la zona se considera igual al de la parte media de la fachada.
<b>Alta:</b> más de 50 (m)	- Si la altura media es mayor que 50 (m), el Cp se considera igual al de las partes altas de la fachada.

Fuente: UNE – EN 15242:2007 (3)

#### 4.3.4 PERMEABILIDAD AL AIRE DE LAS VENTANAS

La permeabilidad al aire de ventanas a 100 Pa de presión diferencial se obtiene de la Tabla 88, por superficie de hoja y longitud de junta según el caso.

Tabla 8: Clases de permeabilidad al aire de ventanas.

CLASE	Caudal máximo de aire a 100 Pa por superficie de hoja ( $m^3/h \cdot m^2$ )	Caudal máximo de aire a 100 Pa por longitud de junta ( $m^3/h \cdot m$ )
60a (mínimo)	60	12
30a (normal)	30	6
10a (especial)	10	2
7a (reforzado)	7	1,4

Fuente: NCh 892 Of.2001 (4)

#### 4.3.5 CLASE ACEPTABLE DE VENTANAS POR ZONA CLIMÁTICA

Las clases aceptables de permeabilidad al aire de las ventanas dispuestas sobre fachadas, por zona climática que define la NCh 1079 Of.2008 (5), son las siguientes:

Tabla 9: Clases aceptables de permeabilidad al aire de ventanas dispuestas sobre fachadas

ZONA CLIMÁTICA	CLASE ACEPTABLE
Norte Litoral, NL	Todas
Norte Desértica, ND Norte Valle Transversal, NVT Central Litoral, CL	7a, 10a y 30a.
Central Interior, CI Sur Litoral, SL Sur Interior, SI	7a y 10a.
Sur Extremo, SE Andina, An	7a.

Fuente: NCh 1079 Of.2008 (5)

Las ventanas a disponer en el edificio deberán contar con informe de ensayo de permeabilidad al aire, según NCh 892 Of.2001 (4) o la que la remplace.

#### 4.3.6 CAUDAL DE AIRE A TRAVÉS DE LA FACHADA POR EFECTO STACK Y VIENTO

El caudal de aire a través de componentes opacos y transparentes de la fachada, se calculará mediante la siguiente relación:

$$Q_a = Q_{4Pa} \left( \frac{P_f}{4} \right)^{0.667}$$

Donde:  $Q_a$ : caudal de aire a través de la fachada ( $m^3/h$ ).  
 $Q_{4Pa}$ : permeabilidad al aire de la fachada a  $4Pa$  de presión diferencial ( $m^3/h \cdot m^2$ ).  
 $P_f$ : presión de diseño sobre la fachada producto de la acción del viento y efecto stack (Pa).

El criterio de diseño para el cálculo de las infiltraciones se basa en las presiones medias anuales de viento de la localidad. El valor integra las distintas condiciones de aireación producto de las infiltraciones que se obtienen durante todo el año en la localidad.

#### 4.3.7 CAUDAL DE AIRE A TRAVÉS DE MEDIOS PREVISTOS PARA VENTILAR

Los medios previstos para ventilar son aquellos dispositivos que se ubican en las aberturas de admisión, de extracción y de paso de aire, que sirven para dirigir adecuadamente el flujo de aire desde los puntos de admisión a los de extracción. Se caracterizan por el caudal de aire que pueden dejar pasar, sus pérdidas de carga y niveles de atenuación acústica.

Se dimensionan en tipo, tamaño y número, conociendo la presión de diseño y la curva característica caudal/presión del dispositivo informada por el fabricante.

La presión de diseño es la resultada de la acción del viento y efecto stack, definida en la sección 4.3.6.

#### 4.3.8 CAUDAL DE AIRE A TRAVÉS DE VENTANAS

El caudal de aire debido a la apertura de ventana, para un impacto lateral único, se puede calcular mediante la expresión:

$$Q_{av} = 1800 A_v V^{0.5}$$

$$V = C_t + C_w V_m^2 + C_{st} H_v |(T_i - T_e)|$$

- Donde:
- Q<sub>av</sub>*: caudal de aire (m<sup>3</sup>/h).
  - A<sub>v</sub>*: área de abertura de la ventana (m<sup>2</sup>).
  - V*: velocidad del viento (m/h)
  - C<sub>t</sub>* = 0,01: coeficiente que toma en cuenta las turbulencias del viento (s/d).
  - C<sub>w</sub>* = 0,001: coeficiente que toma en cuenta la velocidad del viento (s/d).
  - C<sub>st</sub>* = 0,0035: coeficiente que toma en cuenta el efecto chimenea (s/d).
  - H<sub>v</sub>*: altura de la ventana (m).
  - V<sub>m</sub>*: velocidad meteorológica media del viento a 10 m de altura (m/s).
  - T<sub>i</sub>*: temperatura media anual interior del recinto (°C).
  - T<sub>e</sub>*: temperatura meteorológica media anual exterior de la localidad (°C).

Para ventanas oscilantes inferiores, el cociente entre el caudal a través del área de apertura y el área de la ventana abierta en su totalidad varía según el ángulo de apertura, como se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10: Cociente del caudal a través de una ventana inferior oscilante y la misma abierta

ÁNGULO DE APERTURA VENTANA (°)	0	5	10	15	20	25	30	45	60	90	180
Cociente de caudal (s/d)	0,00	0,09	0,17	0,25	0,33	0,39	0,46	0,62	0,74	0,90	1,00

Fuente: EN 15242: 2007(3)

#### 4.3.9 VENTILACIÓN A TRAVÉS DE VENTANAS EN SALAS DE CLASES

Para recintos de salas de clases, cuando la calidad de aire interior dependa sólo de la apertura de ventanas, el diseño deberá asegurar las áreas de admisión de aire a través de ventanas por zona climática, según la Tabla 1111.

Tabla 11: Áreas mínimas de admisión de aire a través de ventanas por zona climática.

<b>Zona Climática</b>	<b>Área de Apertura de Ventana por Alumno (m<sup>2</sup>)</b>
Norte Litoral, NL	0,091
Norte Desértica, ND	0,052
Norte Valles Transversales, NVT	0,088
Central Litoral, CL	0,077
Central Interior, CI	0,107
Sur Litoral, SL	0,075
Sur Interior, SI	0,082
Sur Extremo, SE	0,059
Andina, An	0,076

Fuente: Elaboración propia con datos meteorológicos de la NCh 1079 Of.2008 (5) y métodos de UNE- EN 15242: 2007(3)

## 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO

En la fase de diseño, se deberá comprobar que el caudal de aire suministrado o extraído de los recintos es, a lo menos, igual al caudal mínimo de ventilación exigido y no superior a un 20% de ese valor.

### 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA

En la fase de obra y para propósitos de recepción, se deberá, según se trate, de:

- a) Comprobar que las ventanas dispuestas en las fachadas sean del tipo y clase especificados en el proyecto, y que la clase de permeabilidad al aire se encuentre dentro de las clases aceptadas para la zona climática donde se emplaza el proyecto.
- b) Comprobar que los sistemas y dispositivos dispuestos para la ventilación natural sean del tipo y dimensiones especificadas y de que sus desempeños, documentados, sean suficientes o apropiados a las necesidades del proyecto.
- c) Comprobar, en los casos de recintos de salas de clases, en que se prevé ventilar a través de apertura de ventanas, que el área de superficie practicable sea igual o superior al área mínima de superficie de ventana operable por zona climática.
- d) Comprobar que el caudal de aire provisto mecánicamente en los recintos, medido, sea igual o superior en no más de un 20% al caudal de ventilación mínimo exigido.

## 6 GLOSARIO

**Abertura de admisión:** abertura de ventilación que sirve para la admisión, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de admisión.

**Abertura de extracción:** abertura de ventilación que sirve para la extracción, comunicando el recinto con el exterior, directamente o a través de un conducto de extracción.

**Abertura mixta:** abertura de ventilación que comunica el recinto directamente con el exterior y que en ciertas circunstancias funciona como abertura de admisión y en otras como abertura de extracción.

**Abertura de ventilación:** vano en uno de los elementos constructivos que delimitan un recinto para permitir la transferencia de aire entre el mismo y otro recinto contiguo o el espacio exterior.

**Admisión:** entrada de aire exterior a un recinto para su ventilación y, en algunos casos, también para la de otros recintos.

**Aireador:** elemento que se dispone en las aberturas de admisión para dirigir adecuadamente el flujo de aire e impedir la entrada de agua y de insectos o pájaros. Puede ser regulable o de abertura fija y puede disponer de elementos adicionales para obtener una atenuación acústica adecuada.

**Área de apertura de ventana:** es la superficie de ventana operable que sirve efectivamente como abertura de admisión o extracción, comunicando el recinto directamente con el exterior.

**Caudal de ventilación:** volumen de aire que, en condiciones normales, se aporta a un recinto por unidad de tiempo.

**Conducto de admisión:** conducto que sirve para introducir el aire exterior al interior de un recinto cuando ninguno de los elementos constructivos que lo conforman está en contacto con un espacio exterior apto para que pueda disponerse en él la abertura de entrada del aire de ventilación.

**Conducto de extracción:** conducto que sirve para sacar el aire viciado al exterior.

**Contaminantes (del aire):** sustancias que, durante el uso de un recinto, se incorporan al aire interior y deterioran su calidad en una medida tal que pueden producir molestias inaceptables o enfermedades en los ocupantes del recinto.

**Expulsión:** salida al exterior del aire viciado.

**Extracción:** evacuación hacia el exterior del aire viciado de un recinto. Este aire puede haberse contaminado en el propio recinto o en otros comunicados con él.

**Extractor:** ventilador que sirve para extraer de forma localizada los contaminantes.

**Hermeticidad al aire:** término genérico para describir la resistencia de la envolvente del edificio a las infiltraciones. Mientras mayor sea la hermeticidad a un determinado diferencial de presión a través de la envolvente, menor será la infiltración.

**Infiltración:** intercambio de aire no controlado entre el interior y el exterior de una edificación, a través de grietas, porosidad y otras aperturas no intencionales en el edificio. Es causado por diferencias de presión producto del viento y/o por efecto stack.

**Permeabilidad al aire:** propiedad física utilizada para medir la hermeticidad al aire de la envolvente de un edificio. Se define como el índice de traspaso de aire por hora por  $m^2$  de área de envolvente a un diferencial de presión de referencia, por lo general 50 Pascales ( $m^3/h \cdot m^2$ ).

**Ventana operable:** Aquella que es posible manipular, como las ventanas correderas, ventanas abatibles y oscilobatientes. Quedan excluidas aquellas ventanas de paño fijo.

**Ventilación:** proceso de renovación del aire de los recintos para limitar el deterioro de su calidad, desde el punto de vista de su composición, que se realiza mediante entrada de aire exterior y evacuación de aire viciado.

**Ventilación Híbrida:** ventilación en la que, cuando las condiciones de presión y temperatura ambientales son favorables, la renovación del aire se produce como en la ventilación natural y, cuando son desfavorables, como en la ventilación con extracción mecánica.

**Ventilación Mecánica:** ventilación en la que la renovación del aire se produce por el funcionamiento de aparatos electro-mecánicos dispuestos al efecto. Puede ser con admisión mecánica, con extracción mecánica o equilibrada.

**Ventilación Natural:** ventilación en la que la renovación del aire se produce exclusivamente por la acción del viento o por la existencia de un gradiente de temperaturas entre el punto de entrada y el de salida.

## 7 REFERENCIAS

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). (2010), *Energy standard for buildings except low-rise residential buildings*. ANSI/ASHRAE/IESNA Standard 90.1-, Atlanta, USA.
- Instituto Español de Normalización (IRANOR), (1986), *Criterios de elección de las características de las ventanas relacionadas con su ubicación y aspectos ambientales*. UNE 85-220-86. Madrid, España.
- Comité Europeo de Normalización (CEN), (2007), *Ventilación de Edificios: Métodos de cálculo para la determinación de las tasas de los caudales de aire en edificios, incluyendo la infiltración*. UNE-EN 15242:2007. Madrid, España.
- Instituto Nacional de Normalización (INN), (2001), *Arquitectura y construcción: Ventanas - Requisitos Básicos*. NCh888.Of2000. Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Normalización (INN), (2008), *Arquitectura y construcción: Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico*. NCh1079.Of2008. Santiago, Chile.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (ASHRAE). (2009), *ASHRAE Handbook Fundamentals*. SI ed., Atlanta, USA.
- ASHRAE. (2010), *Ventilation for acceptable indoor air quality*. ANSI/ASHRAE Standard 62.1-2010. Atlanta, USA.
- Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización A. G. (2007), *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile (RITCH)*. Santiago, Chil,.
- Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE). (2006), *Environmental design: CIBSE guide A*. 7° ed., London, U,.
- CIBSE, (2006), *Heating, ventilating, air conditioning and refrigeration: CIBSE guide B*. Norwich, UK.
- CIBSE, (2005), *Natural ventilation in non-domestic buildings: CIBSE Applications Manual AM10*. Norwich, UK.
- Department of communities and local government, (2010), *Building regulations 2000, Approved document F: Means of ventilation*. ed., London, UK, NBS, 2010.
- Ministerio de Vivienda, (2006), *Código Técnico de la Edificación (CTE)*. Madrid, España.
- The Department for Children, Schools and Families, (2007), *Building Bulletin 101: Ventilation of School Buildings*. Version 1.4 UK,. ISBN 011-2711642.



***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 7**

**Confort Higrotérmico**





**Guía Técnica de Apoyo N° 7**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort higrotérmico

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....</b>	<b>3</b>
	2.1 INDICADORES.....	3
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO .....</b>	<b>4</b>
	3.1 VALORES LÍMITES DE CONFORT HIGROTÉRMICO PARA EDIFICIOS PASIVOS.....	4
	3.2 VALORES LÍMITES DE CONFORT HIGROTÉRMICO PARA SISTEMAS ACTIVOS DE CALEFACCIÓN Y/O REFRIGERACIÓN. 5	
<b>4</b>	<b>PRODECIMIENTO .....</b>	<b>6</b>
	4.1 METODO SIMULACIÓN COMPUTACIONAL .....	6
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....</b>	<b>11</b>
	5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO .....	11
	5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA TERMINADA .....	11
<b>6</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>BIBLIGRAFÍA.....</b>	<b>13</b>

Guía Técnica de Apoyo N° 7

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort higrotérmico

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: FRECUENCIA DE TEMPERATURA OPERATIVA  $T_{O}$  (°C) DENTRO DEL RANGO DE CONFORT..... 5

TABLA 2: CONFORT HIGROTÉRMICO ..... 5

**Guía Técnica de Apoyo N° 7**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort higrotérmico

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica de Confort Higrotérmico. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

El principio fundamental se basa en conseguir condiciones de confort ambiental (higrotérmico, visual, acústico y de calidad del aire) adecuadas para el bienestar de los ocupantes de los edificios, de acuerdo a las características de uso según la tipología de edificación y a las características climáticas locales.

Los proyectos de arquitectura deberán priorizar la aplicación de estrategias de diseño pasivo para alcanzar las condiciones de confort esperadas, y sólo cuando esto no sea posible se deberá utilizar algún sistema activo.

## 1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m<sup>2</sup> y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Esta Guía aplica para edificios públicos de oficina, educación, salud y seguridad.

## 2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los edificios tendrán características tales que las condiciones de confort higrotérmico de sus recintos habitables, expresado en base a los indicadores combinados de temperatura y humedad relativa del aire, se encuentren dentro de un rango establecido por valores límites mínimos y máximos.

Esta exigencia se puede lograr tanto a través del comportamiento pasivo del edificio como resultado de sus características de diseño, o bien, a través de sistemas activos de calefacción y/o refrigeración.

### 2.1 INDICADORES

- a) **Indicador de Frecuencia de Temperatura Operativa, Ft (%)**, dentro de la zona de confort definida por un límite inferior y un límite superior.

- b) **Indicadores combinados de Temperatura Operativa,  $T_o$  (°C), y Humedad Relativa del aire, HR (%).**

### 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

Los criterios de desempeño del confort higrotérmico se definen por rangos, que varían según las condiciones de operación del edificio:

- a) **Si el edificio es pasivo;** el confort higrotérmico se deberá lograr por efecto de las características de diseño del edificio, de acuerdo a las condiciones climáticas locales, y se deberá comprobar que se sitúa dentro del rango definido por los valores límites.
- b) **Si el edificio es calefaccionado y/o refrigerado;** el rango de confort higrotérmico se establece como condición de operación de los sistemas activos de calefacción y/o refrigeración, los que además se consideran como parámetros de simulación para la determinación de la demanda de energía (Guía Técnica de Apoyo N°2).

#### 3.1 VALORES LÍMITES DE CONFORT HIGROTÉRMICO PARA EDIFICIOS PASIVOS

El procedimiento para establecer los valores límites que definen el rango de confort higrotérmico para edificios pasivos, se basa en el modelo de confort adaptativo (Szokolay 2004). Este modelo define la temperatura neutral ( $T_n$ ) en base a la temperatura media ( $T_m$ ) del mes a analizar.

$$T_n = 17,6 + 0,31 \cdot T_m$$

Donde:  $T_n$ : temperatura neutral (°C).  
 $T_m$ : temperatura media del mes (°C).

Según lo anterior, las temperaturas límites de la zona de confort (aquella definida para un 90% de aceptación), están definidas por:

$$T_{inf}: T_n - 2,5^\circ\text{C}$$

$$T_{sup}: T_n + 2,5^\circ\text{C}$$

Donde:  $T_{inf}$ : temperatura límite inferior (°C).  
 $T_{sup}$ : temperatura límite superior (°C).

En consecuencia, se establece que las temperaturas deben estar dentro del rango establecido por el método de confort adaptativo en base a un límite inferior y un límite superior, dentro del horario de ocupación de los recintos, en base a mediciones horarias.

Tabla 1: Frecuencia de temperatura operativa  $T_o$  (°C) dentro del rango de confort.

95% dentro de las horas de ocupación		98% dentro de las horas de ocupación	
Límite inferior $T_o$ (°C)	Límite superior $T_o$ (°C)	Límite inferior $T_o$ (°C)	Límite superior $T_o$ (°C)
$T_{inf}$	$T_{sup}$	$T_{inf} - 1^{\circ}\text{C}$	$T_{inf} + 1^{\circ}\text{C}$

Fuente: elaboración propia

El análisis se deberá realizar para recintos críticos del edificio en verano, en términos de riesgos de sobrecalentamiento (alta carga interna y orientación caloportadora), en base a frecuencia de temperaturas para el mes más cálido, para edificios sin refrigeración.

El análisis se podrá realizar también para recintos representativos del edificio en invierno, en base a frecuencia de temperaturas para el mes más frío, para edificios sin calefacción.

### 3.2 VALORES LÍMITES DE CONFORT HIGROTÉRMICO PARA SISTEMAS ACTIVOS DE CALEFACCIÓN Y/O REFRIGERACIÓN.

Tabla 2: Confort higrotérmico

Edificios de Oficinas				
	Calefacción		Refrigeración	
	$T_o$ (°C)	HR (%)	$T_o$ (°C)	HR (%)
Oficinas	20	≤55	25	≤55
Atención de público / espera	20	≤55	25	≤55
Edificios Educativos				
	Calefacción		Refrigeración	
	$T_o$ (°C)	HR (%)	$T_o$ (°C)	HR (%)
Salas de clases	20	≤55	N/A	N/A
Laboratorios / Talleres	20	≤55	N/A	N/A
Laboratorio de computación	20	≤55	25	≤55
Gimnasio	17	≤55	N/A	N/A
Dormitorio Internado	20	≤55	N/A	N/A
Oficinas	20	≤55	25	≤55

Tabla 3: Confort higrotérmico (continuación)

Edificios de Salud				
	Calefacción		Refrigeración	
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)
Habitaciones	20	≤55	25	≤55
Boxes	20	≤55	25	≤55
Laboratorios	20	≤55	25	≤55
Pabellones quirúrgicos	20	≤55	25	≤55
Oficinas	20	≤55	25	≤55
Edificios de Seguridad				
	Calefacción		Refrigeración	
	To (°C)	HR (%)	To (°C)	HR (%)
Celdas	N/A	N/A	N/A	N/A
Sala guardia	N/A	N/A	N/A	N/A

Fuente: elaboración propia

Nota: estos valores pueden ser remplazados por exigencias específicas de los proyectos.

## 4 PRODECIMIENTO

El procedimiento de cálculo que se detalla a continuación, basado en simulaciones con software validado, se aplica sólo a edificios públicos con superficies mayores a 700 m<sup>2</sup>. Para edificios con superficies menores a la especificada, se podrá verificar el cumplimiento del requisito a través de los estándares definidos en la Guía Técnica de Apoyo N°2: "Limitación de la Demanda Energética de Edificios.

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento del comportamiento higrotérmico del edificio, se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio. Se deberá tener en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y además se deberán considerar los efectos de masa térmica. Este método corresponde al definido en la Guía Técnica de Apoyo N°2: "Limitación de la Demanda Energética de Edificios.

### 4.1 METODO SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

Los modelos computacionales que se desarrollen como base para llevar a cabo el proceso de simulaciones de desempeño energético de los edificios deberán integrar los siguientes elementos, con el fin de obtener la estimación de demandas energéticas de calefacción y refrigeración para su ocupación y operación:

- **Registros climatológicos**

Para la ejecución de simulaciones de desempeño, deberán utilizarse registros climatológicos de datos obtenidos con una frecuencia horaria (hora a hora), privilegiándose la obtención de estos datos desde fuentes meteorológicas oficiales.

En caso de no existir o verse dificultado el acceso a una base de datos oficial para la localidad del proyecto, podrá utilizarse alternativamente una base de datos climatológicos obtenida mediante la triangulación de datos de las estaciones de medición disponibles más cercanas al lugar.

En cualquier caso, deberá declararse el origen de la base de datos para su validación.

- **Definición geométrica**

Para la definición geométrica del edificio, se debe contar con todos los antecedentes relevantes, incluyendo planos y especificaciones técnicas de arquitectura, emplazamiento y otros que el equipo de diseño pudiera aportar para tal efecto.

Se creará un modelo que represente íntegramente el edificio, en cuanto a su forma, dimensiones, orientación, condición de contacto con el terreno y obstáculos remotos que puedan generar sombra sobre los cerramientos exteriores.

Para la evaluación de los vanos se deberá incluir aquellos obstáculos remotos, como voladizos, celosías, salientes laterales y cualquier otro elemento de control solar exterior, además del retranqueo de planos.

- **Definición material**

En el caso de elementos constructivos opacos, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica y densidad) de los materiales que conformen las diferentes soluciones constructivas. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales otorgadas por instituciones acreditadas, según lo informado en la normativa NCh 853 Of. 2007 o el Manual de Aplicación de la Reglamentación Térmica (MART) del MINVU.

Para los elementos constructivos acristalados, se deberá considerar las propiedades físicas (conductividad térmica, densidad y factor solar) de los materiales que conformen las soluciones. Los valores de estas propiedades se podrán obtener de certificados de ensayos de materiales otorgadas por instituciones acreditadas, o según lo informado en la normativa NCh 853 Of. 2007.

- **Condiciones térmicas internas**

Los requerimientos de confort térmico para cada recinto habitable o grupo de recintos habitables deberán ser definidos de acuerdo a la Tabla 2.

En los recintos no habitables se permitirá una oscilación libre de la temperatura interior, cuando estos locales no tengan una condición de régimen especial de funcionamiento. En el caso de recintos no habitables que presenten requerimientos de temperatura para su operación, deberá definirse un rango de temperatura operacional particular con el fin de estimar la contribución del sistema de climatización del recinto a la demanda de energía.

Para efectos de cálculo de la demanda energética, los recintos se clasificarán en función de la cantidad de calor disipado en su interior, de acuerdo a la actividad principal que los caracterice y al período de utilización de cada espacio, en las siguientes categorías:

- a) **Recintos con carga interna baja:** espacios en los que se disipa poco calor. Son los espacios destinados principalmente a permanecer en ellos, con carácter eventual o sostenido. En esta categoría se incluyen espacios tales como: habitaciones, salas de estar, junto con sus zonas de circulación asociadas, etc.
- b) **Recintos con carga interna alta:** espacios en los que se genera gran cantidad de calor por causa de su ocupación y/o la operación de iluminación o equipos. Son aquellos espacios no incluidos en la definición de espacios con baja carga interna. El conjunto de estos espacios conforma la zona de alta carga interna del edificio. En esta categoría se incluyen espacios tales como: salas de clases, servidores de computación, auditorios, laboratorios de computación, cocinas industriales, salas de atención de público, etc.

Junto con lo anterior, deberá definirse un perfil de ocupación y operación con las fuentes de aportes y pérdidas de calor, para cada recinto o grupo de recintos, de acuerdo a su tipo:

- a) **Cargas de ocupación:** se deberá definir de acuerdo a la actividad metabólica de los ocupantes proyectados para el recinto, cuyo número, nivel de actividad y régimen de ocupación deberá ser estimado según el programa arquitectónico, información gráfica contenida en las plantas de arquitectura e indicaciones que pudiese aportar la institución mandante.
- b) **Cargas de Iluminación artificial:** para la estimación de cargas de calor por operación de luminarias, deberá considerarse la aplicación de unidades eficientes. La contribución calórica particular de este ítem deberá ser concordante, en forma simultánea, con los requerimientos contenidos en la Guía Técnica de Apoyo N° 4: "Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación".
- c) **Cargas de operación de equipos:** deberá considerarse la operación de artefactos eléctricos y equipos que contribuyan a la carga de calor de los recintos, incluyendo la eficiencia de operación de los sistemas de climatización, de acuerdo a lo señalado en Guía Técnica de Apoyo N° 3: "Rendimiento de las Instalaciones Térmicas y de Climatización".
- d) **Cargas de ventilación e infiltración:** en todo caso, para la estimación de tasas de ventilación en recintos habitables y su contribución en términos de aportes o pérdidas de calor, se

deberá dar cumplimiento simultáneo a las condiciones contenidas en la Guía Técnica de Apoyo N°6: "Calidad del Aire Interior".

#### 4.1.1 ESPECIFICACIÓN DEL MÉTODO DE CÁLCULO

El método de cálculo que se utilice para demostrar el cumplimiento se basará en cálculo hora a hora, en régimen transitorio, del comportamiento térmico del edificio, teniendo en cuenta de manera simultánea las solicitaciones exteriores e interiores y considerando los efectos de masa térmica.

El desarrollo del método de cálculo debe contemplar los siguientes aspectos:

- a) Particularización de las solicitaciones exteriores de radiación solar a las diferentes orientaciones e inclinaciones de los cerramientos de la envolvente, teniendo en cuenta las sombras propias del edificio y la presencia de otros edificios u obstáculos que pueden bloquear dicha radiación;
- b) Determinación de las sombras producidas sobre los vanos por obstáculos de fachada tales como voladizos, retranqueos, salientes laterales, etc.;
- c) Valoración de las ganancias y pérdidas por conducción a través de cerramientos opacos y vanos acristalados considerando la radiación absorbida;
- d) Transmisión de la radiación solar a través de las superficies semitransparentes teniendo en cuenta la dependencia con el ángulo de incidencia;
- e) Valoración del efecto de persianas y cortinas exteriores a través de coeficientes correctores del factor solar y de la transmitancia térmica del vano.
- f) Toma en consideración las tasas de infiltraciones de aire a través de envolvente perimetral en términos de renovaciones/hora.
- g) Toma en consideración de la ventilación en términos de renovaciones/hora para las diferentes zonas y de acuerdo con unos patrones de variación horarios y estacionales.
- h) Valoración del efecto de las cargas internas, diferenciando sus fracciones radiantes y convectivas y teniendo en cuenta variaciones horarias de la intensidad de las mismas para cada zona térmica;
- i) Valoración de la posibilidad de que los espacios se comporten a temperatura controlada o en oscilación libre (durante los periodos en los que la temperatura de éstos se sitúe espontáneamente entre los valores de referencia y durante los periodos sin ocupación);

- j) Acoplamiento térmico entre zonas adyacentes del edificio que se encuentren a diferente nivel térmico.

#### 4.1.2 PROGRAMAS INFORMÁTICOS DE REFERENCIA

El método de cálculo se formalizará a través de un programa informático que realiza de manera automática los aspectos mencionados en el punto anterior, previa entrada de los datos necesarios para la definición del modelo de simulación.

Los programas informáticos recomendados para la verificación de la limitación de demanda energética son: TAS, DesingBuilder, EnergyPlus, Trnsys, IES.

## 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO

En la fase de diseño, se deberá comprobar que se cumplen los criterios de desempeño establecidos anteriormente, a través del método de cálculo mediante software validado, según los siguientes criterios:

- a) **Edificios pasivos:** Se deberá verificar que la frecuencia de temperaturas en el mes más cálido se mantenga dentro de los rangos de confort establecidos en la sección 3.1 y en los porcentajes límites definidos en la Tabla 1, para edificios sin refrigeración. Se deberá verificar que la frecuencia de temperaturas en el mes más frío se mantenga dentro de los rangos de confort establecidos en la sección 3.1 y en los porcentajes límites definidos en la Tabla 1, para edificios sin calefacción.
- b) **Edificios calefaccionados y/o refrigerados:** Se deberán dimensionar los sistemas activos de calefacción y refrigeración en base a los valores límites establecidos en la Tabla 2, y se deberán utilizar estos mismos valores como parámetros de simulación para cumplir con la Guía Técnica de Apoyo N° 2: “Limitación de la Demanda Energética de Edificios”.

### 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA TERMINADA

En la fase de obra terminada y en ocupación se deberá:

- Realizar mediciones horarias de temperatura del aire,  $T_a$  (°C), y humedad relativa del aire, HR (%), durante un periodo mínimo de una semana en invierno y una semana en verano.
- Las mediciones se deberán analizar en base al indicador de frecuencia de temperaturas dentro del rango de confort (%) y comprobar el cumplimiento de los valores límites establecidos en la Tabla 1 para edificios pasivos, o bien en la Tabla 2 para edificios calefaccionados y/o refrigerados.

Las mediciones deben realizarse en aquellos recintos ocupados del edificio en que los ocupantes realicen sus actividades normales. Se deberán identificar lugares representativos de la ocupación del edificio.

## 6 GLOSARIO

**Confort higrotérmico:** manifestación subjetiva de conformidad o satisfacción con el ambiente térmico existente.

**Edificio pasivo:** edificio que no dispone de un sistema de calefacción y refrigeración; por lo que el control térmico lo realizan los ocupantes a través de la apertura y cierre de ventanas.

**Modelo de confort adaptativo:** modelo que relaciona rangos de temperaturas interiores aceptables con parámetros climáticos exteriores.

**Temperatura del aire,  $T_a$ :** temperatura del aire que rodea al ocupante.

**Temperatura media exterior,  $T_m$ :** se utiliza para el modelo de confort adaptativo. Corresponde a la media aritmética entre la temperatura mínima media y la temperatura máxima media del mes en cuestión.

**Temperatura Operativa,  $T_o$ :** Para ciertos valores de humedad, velocidad del aire, metabolismo y vestimenta, se puede establecer una zona de confort que está definida por un rango de temperatura que provee de condiciones ambientales aceptables en términos de la combinación entre temperatura del aire y temperatura radiante media.

## 7 REFERENCIAS

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2004), *ANSI/ASHRAE 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.
- SZOKOLAY, S. (2004), *Introduction to architectural sciences: the basis of sustainable design*. Amsterdam: Elsevier.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. (2004), *ANSI/ASHRAE 55-2004, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy*.
- D'ALENÇON, R. (2008), *Acondicionamientos: arquitectura y técnica*, Santiago, Ediciones ARQ.
- ISO 7730, *Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria*
- SZOKOLAY, S. (2004), *Introduction to architectural sciences: the basis of sustainable design*. Amsterdam: Elsevier.





***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 8**

**Confort Lumínico**





Guía Técnica de Apoyo N° 8

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort Lumínico

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN .....	1
<b>1 ÁMBITO DE APLICACIÓN. ....</b>	<b>5</b>
<b>2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....</b>	<b>5</b>
2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS.....	5
<b>3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO .....</b>	<b>6</b>
3.1 ANTECEDENTES.....	6
3.2 VALORES LÍMITES.....	14
<b>4 PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>22</b>
<b>5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....</b>	<b>24</b>
5.1 VERIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA EN DISEÑO .....	25
5.2 VERIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA EN OBRA.....	26
<b>6 GLOSARIO:.....</b>	<b>29</b>
<b>7 REFERENCIAS .....</b>	<b>29</b>

## ÍNDICE DE TABLAS, CUADROS Y FIGURAS

TABLA 1: ESCALA DE ILUMINANCIA RECOMENDADA (LX) .....	7
TABLA 2: NIVELES DE ILUMINANCIA PARA EL ÁREA DE TAREA Y EL ÁREA CIRCUNDANTE .....	7
TABLA 3: ACTIVIDAD Y VALORES MÍNIMOS DE LUMINANCIA RECOMENDADOS .....	8
TABLA 4: RELACIÓN DE LUMINANCIA ENTRE TAREA Y EL FONDO .....	9
TABLA 5: MÁRGENES DE REFLECTANCIAS ÚTILES PARA SUPERFICIES INTERIORES .....	9
TABLA 6: REFLECTANCIAS DE COLORES Y MATERIALES .....	10
TABLA 7: ÍNDICE DE DESLUMBRAMIENTO POR CLASE DE CALIDAD .....	11
TABLA 8: ÍNDICE DGP ESCALA DE CLASIFICACIÓN .....	13
TABLA 9: ÍNDICE DE RENDIMIENTO COLOR .....	14
TABLA 10: GRUPOS DE APARIENCIA DEL COLOR DE LÁMPARAS .....	14
TABLA 11: NIVELES DE APLICACIÓN DE LA AUTONOMÍA DE LUZ DÍA .....	15
TABLA 12: ÁNGULOS MÍNIMOS DE APANTALLAMIENTO.....	16
TABLA 13: VALORES MÁXIMOS ACEPTABLES PARA LA CATEGORÍA DE CURVA LÍMITE “C” (CURVAS DE LUMINANCIA).....	16
TABLA 14: VALORES LIMITES EDIFICIOS DE OFICINA .....	17
TABLA 15: VALORES LIMITES EDIFICIOS DE SEGURIDAD.....	17
TABLA 16: VALORES LIMITES ESTABLECIMIENTOS EDUCACIONALES .....	18
TABLA 17: VALORES LIMITES EDIFICIOS DE SALUD .....	19
TABLA 18: VALORES LIMITES DE REFLECTANCIA DE LAS SUPERFICIES INTERIORES.....	20
TABLA 19: TIPO DE VIDRIOS Y VALORES DE REFERENCIA PARA LA ELECCIÓN DE LOS CRISTALES. ....	21
TABLA 20: NÚMERO DE PUNTOS PARA EL CÁLCULO DE ILUMINANCIAS.....	23



## TÉRMINOS DE REFERENCIA ESTANDARIZADOS TDRe CONFORT AMBIENTAL Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

---

CUADRO 1: CUADRO TIPO DE RESULTADOS DE ILUMINANCIA Y UNIFORMIDAD .....	23
CUADRO 2: CARACTERÍSTICAS DE LOS RECINTOS Y DE LAS VENTANAS .....	26
CUADRO 3: CARACTERÍSTICA DE LAS SUPERFICIES DE CADA ZONA O ÁREA DE PROYECTO.....	26
FIGURA 1: DIAGRAMA DEL SISTEMA DE CURVA DE LUMINANCIA. ....	12



**Guía Técnica de Apoyo N° 8**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort Lumínico

Documento que especifica los estándares y parámetros objetivos junto con los procedimientos de verificación en diseño y obra (cuando se puedan ambos) de cumplimiento de valores mínimos de las prestaciones de los edificios o sus partes. Entendida dichas prestaciones como el conjunto de características cualitativas o cuantitativas del edificio, identificables objetivamente, que determinan su aptitud para cumplir las exigencias básicas.

Se definen y establecen algunos requerimientos mínimos para asegurar las condiciones de calidad y confort visual, generando las condiciones para obtener el confort lumínico, creando ambientes agradables para los usuarios.

El objetivo de su aplicación es obtener el máximo aprovechamiento la luz natural disponible, conseguir una mayor eficiencia energética en las instalaciones de iluminación natural y lograr un ahorro en iluminación artificial.

## **1 ÁMBITO DE APLICACIÓN.**

La presente Guía Técnica de Apoyo es de aplicación en:

- a) Diseño y obra de edificios públicos nuevos.
- b) Diseño y obra de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1000 m<sup>2</sup>, donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Esta guía se aplica a edificios públicos de oficinas, educación, salud y seguridad.

## **2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.**

Para obtener una buena iluminación interior, es primordial definir los niveles de iluminación requeridos para así satisfacer las necesidades visuales para cada tarea que se realiza. Cuando las personas son capaces de realizar sus tareas, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos con comodidad, obtendremos el confort lumínico. Generando las condiciones de confort lumínico básicas, los usuarios de dichas instalaciones obtendrán una sensación de bienestar en beneficio de una mayor productividad.

## 2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS

Los criterios fundamentales que determinan el diseño de iluminación interior del ambiente, a través de la luz natural y/o luz artificial, son:

- Iluminancia (lux).
- Uniformidades de la iluminación
- Distribución de luminancias ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ).
- Deslumbramiento.
- Factor de Luz Día (%).
- Aspecto de color: rendimiento y apariencia.
- Contribución de luz natural.

Se especifica adicionalmente el criterio contribución de luz natural, con el objetivo de favorecer la utilización de la luz natural como fuente de iluminación. Este criterio es fundamental para obtener un ahorro energético, ya que una alta contribución favorecerá a un ahorro del uso de las instalaciones de iluminación artificial.

## 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

### 3.1 ANTECEDENTES

#### 3.1.1 ILUMINANCIA

La iluminancia se evalúa en el lugar donde se desarrolla la tarea o actividad, la cual forma parte del plano de trabajo. El área de trabajo se define dependiendo de la situación:

- Una habitación puede considerarse por entero una zona de trabajo, en el caso de no conocer todavía la ubicación exacta de ella o si se requiere flexibilidad para cambiarla de lugar en el futuro.
- De requerir énfasis en la tarea, hay que hacer una distinción entre las zonas en las que se desarrolla el trabajo en sí y las zonas circundantes. Como zona inmediatamente circundante se suele entender “el resto del espacio”.

Las exigencias que se establecen, están referidas a la iluminación mantenida para la zona de trabajo y corresponden a los valores mínimos de iluminancia media en el área especificada. En particular, para áreas ocupadas de modo continuo, la iluminancia mantenida no debe ser menor a 200 lux.

En una habitación donde solo se iluminan las zonas de trabajo de manera individual, la iluminación de las zonas inmediatamente circundantes puede ser de un nivel inmediatamente

Tabla 1: Escala de Iluminancia recomendada (lx)

20 – 30 – 50 – 75 – 150 – 200 – 300 – 500 – 750 – 1000 – 1500 – 2000 – 3000 - 5000
--

Fuente: EN 12464-1.

El valor de iluminancia puede ser ajustado al menos en un escalón en la escala de iluminancia, si las condiciones visuales difieren de las suposiciones normales.

- Un factor de 1,5 representa la menor diferencia significativa en el efecto subjetivo de iluminancia.
- En condiciones de iluminación normales se requieren aproximadamente 20 lux para discernir características de la cara humana; de ahí que sea el valor más bajo tomado para la escala de iluminancias.

### Iluminancia área circundante

La iluminancia de áreas circundantes, debe estar relacionada con la iluminancia del área de tarea y debe proporcionar una distribución de luminancias bien equilibrada en el campo visual. Los valores de iluminancia del área circundante debe ser inferior a los valores de iluminancia definidos para las tareas, pero en ningún caso deben ser menores a los valores mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2: Niveles de Iluminancia para el área de tarea y el área circundante

<i>Iluminancia de tarea (lux)</i>	<i>Iluminancia de áreas circundantes inmediatas (lux)</i>
≤ 750	500
500	300
300	200
≥ 200	$E_{\text{tarea}}$
Uniformidad: ≥ 0,7	Uniformidad: ≥ 0,5

Fuente: EN 12464-1.

En la Tabla 3, se especifica los valores mínimos de iluminancia definidos para diferentes tareas por la Illuminating Engineering Society of North America (IESNA), según el nivel de exigencia visual requerido. Esta escala permite fijar los valores mínimos aceptados.

Tabla 3: Actividad y valores mínimos de luminancia recomendados

<i><b>Iluminancia mínima (lux)</b></i>	<i><b>Tipo de actividad Iluminación</b></i>
<b>30</b>	Circulación en superficies públicas mal encendidas
<b>50</b>	Orientación rápida para visitas de corta duración
<b>100</b>	Tareas visuales estrictamente ocasionales
<b>300</b>	Tareas con exigencias visuales simples
<b>500</b>	Tareas con exigencias visuales medias:
<b>1500-2000</b>	Tareas con elevadas exigencias visuales
<b>3.000 a 10 000</b>	Tareas muy meticulosas

Fuente: CITEC UBB.

Debido a la dinámica de la luz natural, la iluminación requerida en la tarea especificada no se puede mantener constante. Cuando el cielo se vuelve más brillante o más claro, aumenta la iluminación interior y, aunque el control es posible con persianas, cortinas y otros métodos, las fluctuaciones no pueden ser evitadas. Por el contrario, en el mal tiempo y al final de la jornada de trabajo, las necesidades de iluminación natural se complementan con la iluminación artificial.

### 3.1.2 UNIFORMIDAD

Se establece que el área de tarea debe ser iluminada tan uniforme como sea posible y sus valores de uniformidad no deben ser menores a los establecidos en la Tabla 2.

### 3.1.3 DISTRIBUCIÓN DE LUMINANCIAS

La distribución de luminancias en el campo de visión, ya sea debida a la luz natural o artificial, condiciona el nivel de adaptación del ojo, lo que afecta a la visibilidad de la tarea. La luminancia es la luz reflejada en dirección del observador (medida en  $cd/m^2$ ). Está limitada por el contraste entre el objeto y el fondo sobre el que se ve, como también por el tamaño del citado objeto.

Para cumplir con los niveles que aseguren una adaptación visual adecuada, es importante considerar las relaciones de luminancia que se establecen entre la tarea visual y el plano de fondo contra el que se enfoca. Los valores de luminancia aceptados se expresan en la Tabla 4.

Tabla 4: Relación de luminancia entre tarea y el fondo

Tarea y alrededores inmediatos	3 a 1
Tarea y fondo general	10 a 1
Entre fuente luminosa y entorno	20 a 1
Máximo contraste	40 a 1

Fuente: CTE HE3

Es importante conocer los valores de luminancia de las superficies. Estos valores están determinados por las características de la superficie (color y materialidad) y la iluminancia que incide sobre ellas. La IESNA recomienda que el promedio de luminancia en un muro se encuentre en el rango 30 – 100 (cd/m<sup>2</sup>).

Las características de las superficies se expresan en el coeficiente de reflexión de la luz. Las superficies mate con un alto coeficiente de reflexión (por ejemplo, un muro blanco y colores claros de muebles) son efectivas para incrementar la luminancia de las superficies. Los márgenes básicos de reflectancias útiles para las principales superficies interiores se muestran en la tabla 5. Los valores de reflectancias de base para diferentes tipos de superficies se presentan en la tabla 6.

Tabla 5: Márgenes de reflectancias útiles para superficies interiores

<i>Configuradores espaciales</i>	<i>Coefficiente de reflexión ρ [%]</i>
techo	0,6 a 0,9
paredes	0,3 a 0,8
planos de trabajo	0,2 a 0,6
Suelo	0,1 a 0,5

Fuente: EN 12464-1.

Tabla 6: Reflectancias de colores y materiales

<b>COLORES</b>	<b>REFLECTANCIA</b>
Blanco	0,70 – 0,85
Amarillo	0,50 – 0,75
Azul	0,40 – 0,55
Verde	0,45 – 0,65
Rojo	0,30 – 0,50
Granito	0,15 – 0,25
Marrón	0,30 – 0,40
Gris oscuro	0,10 – 0,20
Negro	0,03 – 0,07
<b>MATERIALES</b>	
Mortero	0,15 – 0,20
Pintura blanca nueva	0,65 – 0,75
Hormigón	0,25 – 0,50
Ladrillo claro	0,45 – 0,50
Ladrillo oscuro	0,30 – 0,40
Mármol blanco	0,60 – 0,70
Madera	0,25 – 0,50
Espejos	0,80 – 0,90
Acero pulido	0,50 – 0,65
Vidrio reflectante	0,20 – 0,30
Vidrio transparente	0,07 – 0,08
Vidrio tintado	0,05 – 0,08

Fuente: CITEC UBB

### 3.1.4 DESLUMBRAMIENTO (LUZ ARTIFICIAL / LUZ NATURAL)

El deslumbramiento es la sensación producida por áreas brillantes dentro del campo de visión y puede ser experimentado bien como deslumbramiento molesto o perturbador.

En un diseño de iluminación se deben evaluar los focos de deslumbramiento, los que se pueden generar tanto por la iluminación artificial como por la iluminación natural. El deslumbramiento se puede producir de forma directa por lámparas, luminarias y ventanas o por reflexión producida por superficies de alta reflectancias (superficies brillantes), que pueden estar en el campo de visión del observador. El grado de deslumbramiento directo admisible en el campo visual del observador está en función del tipo de actividad que se realiza en el local.

Se definen dos índices para evaluar cada foco de deslumbramiento respectivamente, los que se describen a continuación:

- **Índice del deslumbramiento molesto directamente procedente de las luminarias de una instalación de alumbrado interior:** Se determina utilizando el método de tabulación del Índice de Deslumbramiento Unificado de la Comisión Internacional de Alumbrado, CIE (UGR).
- **Índice de deslumbramiento molesto procedente de las ventanas o dispositivos de captación de luz natural:** Se determina a través del índice Daylighting Glare Probability (DGP).

**a) Deslumbramiento Unificado de la CIE (UGR)**

El deslumbramiento directo de lámparas se elimina con la utilización de luminarias que redistribuyan el flujo de las mismas de forma idónea para la actividad a realizar.

Para validar la idoneidad de las luminarias para la actividad a desarrollar, se utiliza el criterio CIE (Comisión Internacional de Alumbrado). Este sistema tiene clasificada las tareas o actividades en cinco grupos que definen otras tantas clases de calidad. Cada clase de calidad tiene asignado un índice de deslumbramiento surgido de la evaluación subjetiva del deslumbramiento, llevado a cabo en el laboratorio por un grupo de observadores.

Tabla 7: Índice de Deslumbramiento por clase de calidad

<i>Clase de Calidad</i>	<i>Tipo de actividad visual</i>	<i>Índice de Deslumbramiento</i>
<b>A</b>	Muy Alta	1,15
<b>B</b>	Alta	1,50
<b>C</b>	Media	1,85
<b>D</b>	Baja	2,20
<b>E</b>	Muy baja*	2,55

\*(donde los trabajadores no están confinados en un puesto concreto)

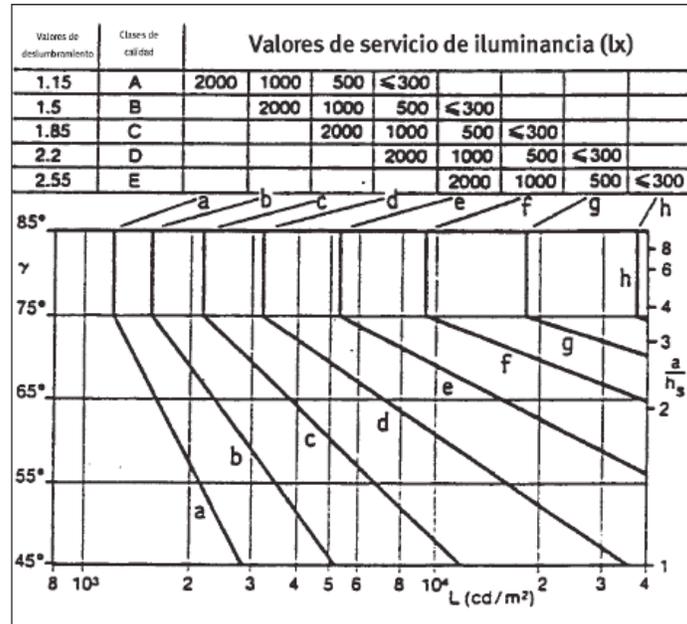
Fuente: EN 12464-1

El índice alcanzado según el método de tabulación desarrollado por la tiene como finalidad unificar internacionalmente los límites de deslumbramiento aceptable para cada actividad. En la práctica, el valor de UGR oscila entre 10 y 30, de forma que un valor elevado indica un gran deslumbramiento. El fabricante debe aportar este índice para cada tipo de luminaria.

En la Figura 1 se muestra el Diagrama del Sistema de Curva de Luminancia que muestra los límites de luminancia para las diferentes clases de calidad, válido para todas las luminarias sin salida lateral de flujo, tanto para visión longitudinal como transversal. El valor de UGR de la

instalación de alumbrado no excederá del valor dado en las tablas correspondientes para cada tipo de edificio (Tablas 14, 15, 16 y 17).

Figura 1: Diagrama del Sistema de Curva de Luminancia.



Fuente: CEI 2001

### b) Daylighting Glare Probability (DGP)

El índice Daylighting Glare Probability (DGP) (rating de probabilidades de deslumbramiento de la luz día) es la probabilidad de que una persona sea perturbada por el brillo de la luz día. Los valores del índice DGP son validados entre 0,2 y 0,8. Esto significa que entre el 20 % y el 80 % de las personas se ven perturbadas por la luz brillante.

Se basa en los siguientes parámetros: iluminancia vertical en los ojos, brillo de la luminancia de la fuente, ángulo sólido del brillo e índice de posición de la fuente de encandilamiento.

Para validar la idoneidad de los posibles focos de deslumbramiento, se define utilizar el rating propuesto por Wienold, en el cual se especifican rangos DGP que clasifica el deslumbramiento para los seres humanos dentro de su campo de visión, en cuatro niveles especificados en la Tabla 8.

Tabla 8: Índice DGP escala de clasificación

	“imperceptible”	“perceptible”	“perturbador”	“intolerable”
DGP limite	≤ 0.35	≤ 0.40	≤ 0.45	> 45%

Fuente: CITEC UBB

### 3.1.5 FACTOR DE LUZ DÍA

El punto de comienzo para el cálculo o predeterminación de un alumbrado con luz natural, es el factor de luz día, también es el llamado factor de luz natural. Corresponde a la medida de la iluminancia de luz natural interior en una posición dada, expresada como un porcentaje de las iluminancias exteriores.

El Factor de luz día (FLD) es la relación entre la iluminancia horizontal interior ( $E_{int}$ ) en un punto dado o plano de trabajo y la iluminancia horizontal en una superficie exterior ( $E_{ext}$ ) sin obstáculos, medida en forma simultánea:

$$FLD = \frac{E_{int}}{E_{ext}} \times 100\%$$

Permite evaluar la contribución de luz en la condición de luz más desfavorable, bajo cielo cubierto. Para la aplicación de este indicador en edificios, se toma la clasificación desarrollada por Bülow-Hübe (2001):

- FLD < 1% insuficiente para la mayoría de las tareas
- FLD = 2% mínimo requerido
- FLD entre 2% y 5% considerado como aceptable.
- FLD entre 5% y 10 % el espacio es iluminado esencialmente iluminado por luz natural.
- FLD > 10% posibilidades de tener deslumbramiento.

### 3.1.6 ASPECTO DE COLOR: RENDIMIENTO Y APARIENCIA.

#### a) Índice de rendimiento de color (Ra):

Es importante para las prestaciones visuales y la sensación de confort y bienestar, que los colores del entorno, de objetos y de la piel humana sean reproducidos de forma natural, correctamente y de tal modo que haga que las personas parezcan atractivas y saludables.

Para proporcionar una indicación objetiva de las propiedades de rendimiento en color de una fuente luminosa, se ha definido el Índice de Rendimiento en Color (Ra ó I.R.C.). El Ra se obtiene como una nota de examen. Esta nota es el resultado sobre la comparación de 8 o 14 colores muestra. Un 100 significa que todos los colores se reproducen perfectamente, y conforme nos vamos alejando de 100, podemos esperar una menor definición sobre todos los colores.

Tabla 9: Índice de rendimiento color

<i>Ra</i>	
<b>Ra &lt; 60</b>	Pobre
<b>60 &lt; Ra &lt; 80</b>	Bueno
<b>80 &lt; Ra &lt; 90</b>	Muy Bueno
<b>Ra &gt;90</b>	Excelente

Fuente: EN 12464-1

Las lámparas con un índice de rendimiento en color menor de 80, no deberían ser usadas en recintos interiores en los que las personas trabajen o permanezcan durante largos períodos de tiempo.

**b) Apariencia del color:**

La “apariencia del color” de una lámpara se refiere al color aparente (cromaticidad) de la luz emitida. Es cuantificada por su temperatura del color correlacionada. La apariencia del color puede también ser descrita de acuerdo a la Tabla 10.

Tabla 10: Grupos de Apariencia del color de lámparas

<i>Apariencia de color</i>	<i>Temperatura de color correlacionada T<sub>cp</sub></i>
<b>Cálida</b>	Inferior a 3300°K
<b>Intermedia</b>	3300°K a 5300°K
<b>Fría</b>	Superior a 5300°K

Fuente: Manual de Luminotecnia IndaLux, 2002.

La elección de apariencia del color es una cuestión psicológica, estética y de lo que se considera como natural. La elección dependerá del nivel de iluminación, colores de la sala y muebles, clima circundante y la aplicación. En climas cálidos generalmente se prefiere una apariencia de color de luz más fría, mientras que en climas fríos se prefiere una apariencia de color de luz más cálida.

**3.1.7 CONTRIBUCIÓN DE LUZ NATURAL.**

La contribución de luz natural esta determinado por las estrategias de iluminación natural aplicada, y dependen de los siguientes parámetros:

- área neta de superficie vidriada
- coeficiente de transmisión luminosa de los vidrios
- elementos de control y protección solar

El indicador para evaluar la contribución de luz natural es la autonomía de luz día (DA), definido como el porcentaje de tiempo en que el plano de trabajo esta por sobre la *Iluminancia*

*recomendada* para el espacio o tarea visual. El objetivo es ahorrar energía maximizando el tiempo en que la luz artificial estará apagada. Este es un indicador dinámico, considera el clima y localidad donde se implanta el proyecto. Se definen tres niveles de aplicación detallados en la Tabla 11.

Tabla 11: Niveles de aplicación de la autonomía de luz día

NIVELES	% DA	AHORRO DE LUZ ARTIFICIAL
nivel verde	> 80% sobre la iluminancia recomendada	alto potencial de ahorro
nivel amarillo	50 -79% sobre la iluminancia recomendada	mediano potencial de ahorro
nivel rojo	< 50% sobre la iluminancia recomendada	bajo potencial de ahorro

Fuente: Rensselaer Polytechnic Institute, 2010.

### 3.2 VALORES LÍMITES

Valores límites para edificios públicos, referidos a *iluminancia*, *índice de deslumbramiento UGR* y *rendimiento de color RA*, se obtienen de la Tablas 14, 15, 16 y 17.

Valores límites para el índice de deslumbramiento UGR, indicados en la Tabla 7, permiten definir los siguientes valores:

- **Oficinas normales:** la Clase de Calidad B constituye el estándar mínimo.
- **Oficinas que requieren alumbrado de alta calidad:** los límites de la Clase de Calidad A deben observarse para aquellas.
- **Ángulos mínimos de apantallamiento** para luminarias de fluorescencia cuyas lámparas o parte de las mismas son visibles, se presentan en la tabla 12. Si el local es tan pequeño que el problema de ver las luminarias desde los ángulos críticos no se presenta, no es necesario el apantallamiento.
- **Luminancia media**, bajo los ángulos que aparecen en la tabla 13, en la que se resumen los valores máximos aceptables para la categoría de curva límite “C” de las curvas de luminancia de protección de deslumbramiento de la CIE de acuerdo a la Figura 1.

Tabla 12: Ángulos mínimos de apantallamiento.

Clases de calidad de limitación del deslumbramiento	Angulo de apantallamiento	
	Dirección transversal al eje de la lámpara	Dirección longitudinal al eje de la lámpara
A y B	25°	20°

Fuente: CEI 2001

Tabla 13: Valores máximos aceptables para la categoría de curva límite "C" (curvas de luminancia).

Gamma	Luminancia media
75	< 2000 (cd/m <sup>2</sup> )
65	< 4000 (cd/m <sup>2</sup> )
55	< 6500 (cd/m <sup>2</sup> )
45	< 11.000 (cd/m <sup>2</sup> )

Fuente: CEI 2001

En relación a las *propiedades de color*, se recomienda que las fuentes de luz tengan un índice de reproducción cromática superior a 80. La temperatura de color deberá elegirse según el proyecto.

Valores límites de *coeficientes de reflectancia* de las diferentes partes de un recinto, se obtienen de la Tabla 18, para cada tipología de edificios.

Los valores límites para el *factor de luz día (FLD)* se definen para todos los edificios como:

- No aceptado: FLD < 2% y FDL > 10 %
- Adecuado: FLD entre 2% - 5%
- Optimo : FLD entre 5% - 10%

Tabla 14: Valores limites edificios de oficina

<b>EDIFICIOS DE OFICINAS</b>			
<b>Recintos</b>	<b><math>E_m</math> (lux)</b>	<b><math>UGR_L</math></b>	<b><math>R_a</math></b>
<b>Oficinas</b>	300 - 500	19	80
<b>Archivo, copias, etc.</b>	300	19	80
<b>Áreas de circulación y pasillos</b>	100	28	40
<b>Escaleras, ascensores, plataformas</b>	150	25	40
<b>Escritura, escritura a máquina y tratamiento de datos</b>	500	19	80
<b>Dibujo técnico</b>	750	16	80
<b>Puestos de trabajo de CAD</b>	500	19	80
<b>Salas de conferencias y reuniones</b>	500	19	80
<b>Mostrador de recepción</b>	300	22	80

Fuente: EN 12464-1

Tabla 15: Valores limites edificios de seguridad

<b>EDIFICIOS DE SEGURIDAD</b>			
<b>Recintos</b>	<b><math>E_m</math> (lx)</b>	<b><math>UGR_L</math></b>	<b><math>R_a</math></b>
<b>Oficinas</b>	300 - 500	19	80
<b>Oficinas administrativas</b>	500	NA	NA
<b>Cocina</b>	500	22	80
<b>Servicios y Cuartos de baño</b>	200	22	80
<b>Celdas</b>	200	NA	NA
<b>Talleres</b>	300	19	80

Fuente: CITEC UBB

Tabla 16: Valores limites establecimientos educacionales

EDIFICIOS EDUCACIONALES			
Recintos	$E_m$ (lux)	UGR <sub>L</sub>	$R_a$
<b>Jardines de infancia, guarderías:</b>			
Sala de juegos	300	19	80
Guardería	300	19	80
Sala de manualidades	300	19	80
<b>Aula de enseñanza:</b>			
<i>General, trabajos manuales, etc.</i>			
General	300	19	80
Pizarra (plano vertical)*	500	19	80
<b>Aula de informática:</b>			
General	500	19	80
Pizarra (plano vertical)*	300	19	80
<b>Aula de dibujo:</b>			
General	750	16	80
Pizarra (plano vertical) *	300		
<b>Aula taller:</b>			
Trabajo basto	300	19	80
Trabajo fino	500	19	80
<b>Aulas de prácticas y laboratorios</b>			
	500	19	80
<b>Escalera</b>			
	150	25	80
<b>Hall de entrada</b>			
	200	22	80
<b>Biblioteca:</b>			
Ambiental	200	19	80
Zona lectura	500	19	80
Estantería de libros (pl. vertical)	200	19	80
<b>Sala de profesores</b>			
	300	19	80
<b>Salón de actos:</b>			
General	200	NA	NA
Escenario	700		
<b>Gimnasio / polideportivo</b>			
	300	22	80
<b>Sala de profesores</b>			
	300	19	80
<b>Oficinas administrativas</b>			
	500	NA	NA
<b>Vestibulos / pasillos</b>			
	150	25	80
<b>Bodegas</b>			
	100	25	80

\* Evitar reflexiones especulares en la pizarra.

Fuente: EN 12464-1

Tabla 17: Valores limites edificios de salud.

EDIFICIOS DE SALUD			
Recintos	$E_m$ (lx)	UGR <sub>L</sub>	R <sub>a</sub>
<b>Salas de espera</b>	200	22	80
<b>Pasillos, durante el día</b>	200	22	80
<b>Pasillos: durante la noche</b>	50	22	80
<b>Zona de la cama:</b>			
<i>Iluminación general</i>	100	19	80
<i>Iluminación de lectura</i>	300	19	80
<i>Iluminación de reconocimiento</i>	800-1000	19	90
<b>Servicios</b>	200	22	80
<b>Salas de tratamiento y reconocimiento en general:</b>			
<i>Iluminación general</i>	500	19	90
<i>Luz de reconocimiento</i>	>1000	19	90
<b>Sala de Scanner:</b>			
<i>Iluminación general</i>	300	19	80
<i>Examen y tratamiento</i>	50	19	80
<b>Salas de uso general:</b>			
<i>Oficinas personal</i>	500	19	80
<i>Sala de espera, personal y pasillo</i>	200	22	80
<i>Pasillo durante la noche</i>	50	22	80
<b>Sala de Parto:</b>			
<i>Iluminación general</i>	300	19	80
<i>Examen y tratamiento</i>	1000	19	80

Fuente: EN 12464-1 2002

Tabla 18: Valores limites de reflectancia de las superficies interiores

VALORES REFLECTANCIA				
SUPERFICIE	EDIFICIOS DE OFICINAS	EDUCACIONALES	EDIFICIOS DE SALUD	EDIFICIOS DE SEGURIDAD
<i>Cielos interiores</i>	> 0,7	> 0,7	> 0,75	> 0,7
<i>Paredes:</i>				0,5 - 0,7
<i>*sobre los 2m</i>	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,6 - 0,8	N/A
<i>*bajo los 2m</i>	0,5	0,5	0,5	N/A
<i>Divisiones</i>	0,4 - 0,7	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	0,4 - 0,7
<i>Suelos</i>	0,2 - 0,4	0,2 - 0,5	0,2 - 0,4	0,2 - 0,4
<i>Muebles</i>	0,25 - 0,5	0,25 - 0,5	0,4 - 0,6	N/A
<i>Cortinas/persianas</i>	0,4 - 0,6	0,5 - 0,7	0,5 - 0,7	N/A
<i>Pizarra oscura</i>	N/A	0,05 - 0,20	N/A	N/A
<i>Pizarra clara</i>	N/A	0,50 - 0,70	N/A	N/A

Fuente: The Society of Light and Lighting, 2002.

El diseño y dimensionamiento, tanto para las estrategias de iluminación natural y sistemas de iluminación artificial, debe tener presente las siguientes consideraciones:

1. La luz solar es deseable para la iluminación en general, fundamentalmente en climas moderados, pero debe evitarse o controlarse convenientemente en áreas de trabajo.
2. La luz natural en un edificio establece un límite a la profundidad del mismo, para que pueda ser iluminado satisfactoriamente durante el día. La luz que incide en el plano horizontal de trabajo decrece rápidamente con la distancia desde las ventanas. El límite de profundidad es 1,5 veces la altura de la ventana. Esta limitación puede contrarrestarse con el uso de ventanas altas, relacionado a espacios altos, que permitan que la luz alcance mayor profundidad.
3. La luminancia del techo debe ser lo bastante elevada como para conseguir una impresión global confortable, con el fin de reducir el contraste. Para prevenir que el techo por si mismo cause deslumbramiento, su luminancia no debe superar las 500 (cd/m<sup>2</sup>), aunque desde el punto de vista de satisfacción visual, deben preferirse valores comprendidos entre 100 y 300 (cd/m<sup>2</sup>).
4. Las ventanas laterales que puedan originar deslumbramiento, por luminancias muy altas, necesitan que se contrarreste a través de una estrategia de iluminación que evite el desequilibrio de la iluminación ya sea por una iluminación bilateral o luz cenital de apoyo. En caso de no ser posible, el alumbrado eléctrico en la zona adyacente a la luz natural debe ser incrementado de nivel, con objeto de compensar la alta luminancia de las ventanas. Dicho deslumbramiento se podría evitar mediante la utilización de cristales tintados de baja transmitancia, utilización de persianas o cortinas claras. Es importante hacer una adecuada elección de la transmisión de los vidrios, en la tabla 19 se entregan algunos coeficientes de transmitancia de los diferentes tipos de cristales de referencia.

5. La visión al exterior, desde el punto de vista psicológico, proporciona bienestar y permite el contacto con el mundo exterior. Se debe asegurar una visión al exterior en las áreas de trabajo continuo.
6. El uso de la luz natural como estrategia, a través de ventanales o lucernarios, puede ahorrar energía utilizada para la iluminación artificial. Sin embargo, ésta se debe comparar y equilibrar con la energía requerida para compensar el calor ganado o perdido a través de los cristales. La utilización de ventanales que absorban o reflejen el calor, persianas externas, pantallas, cortinas, etc., pueden ser efectivos para la reducción de la energía calorífica que penetra por las ventanas y para el control luminoso de la luz solar. Su aplicación debe ser evaluada.

Tabla 19: Tipo de vidrios y valores de referencia para la elección de los cristales.

<b>Grupo</b>	<b>Tipo</b>	<b>Espesor Vidrio (mm)</b>	<b>Espesor Cámara Aire (mm)</b>	<b>Coefficiente Transmisión luminosa</b>	<b>Factor solar</b>	<b>Transmitancia (W/m2.K)</b>
<b>Simple</b>	Claro	3		0.90	0.89	5.85
		4		0.89	0.85	5.8
		6		0.89	0.85	5.7
<b>Doble</b>	Claro-Claro	4	6	0.79	0.77	3.3
		4	12	0.79	0.77	2.9
		4	18	0.79	0.77	2.7
		6	6	0.88	0.72	3.4
<b>Doble reflectante</b>	Claro	6	12	0.55	0.30	1.8
	Plata	6	12	0.30	0.32	1.8
	Verde	6	12	0.23	0.21	1.8
	Verde oscuro	6	12	0.20	0.18	1.8
	Bronce	6	12	0.18	0.23	1.8
	Azul	6	12	0.16	0.20	1.8
<b>Doble Bajo emisor</b>	Claro	4	6	0.77	0.65	2.5
		4	12	0.77	0.65	1.8
		4	18	0.77	0.65	1.5
		6	6	0.67	0.52	2.4
		6	8	0.67	0.52	2.3
	Reflectante	4	6	0.75	0.54	2.5
		4	12	0.75	0.54	1.6
		6	6			2.4
<b>Triple</b>	Claro	6	8			2.3
		6	12			2.2
		6	6			2.4

Fuente: IDAE 2005

Para el diseño de la iluminación en edificios de salud, se debe tener presente los siguientes puntos:

- a) Los pacientes de los hospitales pasan la mayor parte de su tiempo en sus unidades o habitaciones de hospitalización. Así, el aspecto estético y el psicológico de éstas tienen mucha importancia. La recuperación es más rápida cuando este entorno es más agradable y confortable.
- b) Las habitaciones también son espacios de trabajo para el personal de los edificios de salud, por lo que se necesitan equipos técnicos que deben estar integrados en la instalación, junto con parámetros de iluminación adecuados para desarrollar su trabajo. El diseño debe evitar sombras, garantizar que el personal, médico especialmente, no pierda detalle visual.
- c) Se requiere un nivel alto de reproducción cromática de las fuentes de luz (se aplica para luz artificial).
- d) Se debe prestar especial atención a la luminancia del techo, debido a que los pacientes miran normalmente a él.
- e) Es importante evitar la presencia de objetos brillantes en el campo de visión de los enfermos.
- f) Como límite, el paciente no debe estar expuesto a luminancias mayores a  $750 \text{ (cd/m}^2\text{)}$ . Se recomienda que las luminancias de las paredes y techo sean menores a  $30 \text{ (cd/m}^2\text{)}$ , en el caso de pacientes hospitalizados.
- g) El medio hospitalario, de por sí, exige colores claros y cálidos, con el objeto de elevar el ánimo de los pacientes y de sus familiares, facilitar la labor del personal sanitario, y facilitar la limpieza y la higiene.

## 4 PROCEDIMIENTO

### 4.1 CÁLCULO DE LOS NIVELES DE ILUMINANCIA

Se precisa que los niveles de iluminancia se fijarán en función de la tarea a realizar, considerando la iluminancia mantenida ( $\bar{E}_m$ ) entregada para cada tarea, la disponibilidad de luz día y la duración de la tarea. Corresponde desde la etapa de anteproyecto zonificar el proyecto en relación a los requerimientos de iluminación de acuerdo a las tareas antes descritas, la organización espacial y las estrategias de iluminación.

Las mediciones de iluminancia se deben realizar en el plano horizontal, ubicado a 85 cm del nivel de piso terminado, y/o en el plano vertical, según se requiera.

El número mínimo de puntos a considerar para las mediciones y evaluaciones de cada plano de análisis, estará en función del índice del local (K) y de la obtención de un reparto cuadrículado simétrico,

definiéndose la grilla de cálculo. Su determinación se realiza de acuerdo a la fórmula expresada y el número de puntos mínimo que se detallan en la Tabla 18.

El cálculo del índice del local es función de:

$$K = L \times A / H \times (L + A)$$

Donde: *L*: Longitud del local.  
*A*: Anchura del local.  
*H*: Distancia del plano de trabajo a las luminarias.

Tabla 20: Número de puntos para el cálculo de iluminancias

<i>Índice del local</i>	<i>Nº de puntos</i>
<b>K &lt; 1</b>	4
<b>K ≥ 1 y &lt; 2</b>	9
<b>K ≥ 2 y &lt; 3</b>	16
<b>K ≥ 3</b>	25

Fuente: Código Técnico Español (CT) HE 3.

La determinación de la iluminancia obtenida en cada zona previamente definida, se deberá evaluar para tres periodos del año, se sugieren las fechas siguientes: 21 de marzo/septiembre, 21 de junio, 21 de diciembre. Igualmente se deberá, para cada una de las fechas propuestas, evaluar como mínimo en tres momentos del día, a definir de acuerdo a la jornada de ocupación de los recintos (mínimo un momento en la mañana, al medio día y en la tarde). Se debe calcular para cielo cubierto o nublado (100% difuso) y cielo despejado.

El cálculo se realizará por medio de software validados, tales como: Dialux, Ecotect, Radiance, Relux, u otros similares. Los resultados de análisis deberán ser representados a través de un diagrama de curva isolux y expresados en tablas tipos, sugerida en el Cuadro 1.

Cuadro 1: Cuadro tipo de resultados de iluminancia y uniformidad

Cielos	Periodo	$E_m [lx]$	$E_{min} [lx]$	$E_{max} [lx]$	$E_{min} / E_m$

Fuente: CITEC UBB

## 4.2 CÁLCULO DE LA UNIFORMIDAD DE LA ILUMINACIÓN:

Las uniformidades horizontales y/o verticales serán función de los valores de iluminancia media y mínima, obtenidas de cada matriz de puntos definidos en el plano horizontal o vertical para las diferentes zonas de análisis.

La relación de uniformidades a utilizar para valorar cada plano de cálculo, se presenta a continuación:

$$\text{Uniformidad media (Um)} = \text{Iluminancia mínima (E}_{\min}) / \text{Iluminancia media (E}_m) \\ \text{Um} = E_{\min} / E_m$$

Su verificación se aplica para los períodos y momentos del día aplicado en el cálculo de iluminancias. Sus valores de adjuntarán a la tabla sugerida en el Cuadro 1.

## 4.3 CÁLCULO DEL DESLUMBRAMIENTO

El cálculo del deslumbramiento referido al índice UGR y DGP se determinan por medio de software especializados.

El Daylighting Glare Probability (DGP), se determina de acuerdo a la ecuación:

$$DGP = 5.87 \times 10^{-5} \times E_V + 9.18 \times 10^{-2} \times \log \left( 1 + \sum_i \frac{L_{s,i}^2 \times \omega_{s,i}}{E_v^{2,87} \times P_i^2} \right) + 0.16$$

Donde:  $E_V$ : iluminancia vertical en el ojo;  
 $L_{s,i}$  luminancia de la fuente "i";  
 $\omega_{s,i}$ : ángulo sólido de la fuente "i";  
 $P^2$ : posición del observador

## 4.4 CÁLCULO CONTRIBUCIÓN DE LUZ NATURAL

Para cada zona definida en el proyecto, de acuerdo a las distintas tareas visuales, se determinará el potencial de luz natural en la grilla definida para al cálculo de iluminancias. El cálculo de autonomía de luz día (DA) se realizará a través de software validados.

## 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO

Se describen los procedimientos cuya utilización acredite el cumplimiento de las exigencias básicas en fase diseño. Para la aplicación de las exigencias básicas se establece un procedimiento de verificación de los requerimientos expuestos en la sección 3.1. Para el cálculo, evaluación y aplicación de estos requerimientos se definen:

#### 5.1.1 ANTECEDENTES PREVIOS

En todos los casos se deberá contar a lo menos con los siguientes antecedentes previos:

- a) **Proyecto de arquitectura del edificio.** Antecedentes necesarios para deducir la geométrica del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.
- b) **Antecedentes de los sistemas de iluminación natural y/o luz artificial:**
  - Particularización del destino del edificio y sus recintos, según sus funciones y programa de ocupación.
  - Zonificación del edificio: áreas de uso continuo y no continuo, especificación de la tarea visual a realizar e iluminancia requerida para cada una de ellas.
  - Definición arquitectónica del edificio: sus fachadas con especificación de ventanas presentes en ellas, dimensiones, ubicación y orientaciones; tipo de vidrio (coeficiente de transmisión luminosa, TL ó VT). Todo lo anterior, de acuerdo a la tabla de referencia especificada en el Cuadro 2.
  - Características de las superficies del recinto: reflectancias de los paramentos que configuran el espacio (paredes, techo y suelo), color y materialidad). Todo lo anterior, de acuerdo a la tabla de referencia especificada en el Cuadro 3.
  - Disposición y organización del mobiliario previsto.
  - Determinación de los puntos de análisis: el índice K del local o dimensiones del espacio (longitud, anchura y altura útil).

### 5.1.2 PROCEDIMIENTOS

El método de cálculo utilizado, que quedará establecido en la memoria del proyecto, será el adecuado para el cumplimiento de las exigencias de esta sección, y utilizará como datos y parámetros de partida, al menos, los consignados en la sección 3.1.

- a) Se obtendrán como mínimo los siguientes resultados para cada recinto:
- coeficiente de reflexión de las superficie;
  - coeficiente de transmisión luminosa de los cristales y área neta del cristal;
  - iluminancia media horizontal mantenida ( $E_m$ ) y uniformidad en el plano de trabajo;
  - distribución de autonomía de luz día (DA) en los recintos medidos.
- b) El análisis de índice de deslumbramiento se aplica a edificios de oficina y establecimientos educacionales.

Para el dimensionamiento y/o verificación de exigencias, se podrá utilizar el método de cálculo directo que define el capítulo 4, o un programa informático basado en métodos de cálculo aceptados.

Cuadro 2: Características de los recintos y de las ventanas

Recinto	LOCAL			CARACTERÍSTICAS VENTANAS			Transmisión luminosa del vidrio TL ó VT
	Dimensiones del local (m)			Superficie (m <sup>2</sup> )		Porcentaje área ventana superficie recinto	
	L	A	H	A	AW		
	longitud	Anchura	Altura	Envolvente	Solo vidrio		

Fuente: CITEC UBB

Cuadro 3: Característica de las superficies de cada zona o área de proyecto.

Superficies	Materialidad	Color	Coefficiente de reflexión $\rho$ [%]
Plano de trabajo			
Paredes (1)			
Paredes (2)			
Paredes (3)			
Paredes (2)			

Fuente: CITEC UBB

## 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.

En la fase de obra y para propósitos de recepción se deberá, según se trate:

- Comprobar que las ventanas dispuestas en las fachadas sean del tipo y clase especificados en el proyecto.
- Comprobar que los sistemas y dispositivos dispuestos para la iluminación natural sean del tipo y dimensiones especificadas y que sus desempeños lumínicos, documentados, sean suficientes o apropiados a las necesidades del proyecto.
- Comprobar que los recintos tengan las características especificadas en cuanto a color y materialidad. En los casos necesarios se realizará una medición del coeficiente de reflexión de las superficies detalladas (método básico semiesférica hemisférica -  $r_{hh}$ ), de acuerdo a lo siguiente:

La medición de la luminancia de una superficie determinada pared ( $L_{superficie}$ ) se compara con la luminancia de dos superficies de muestras de referencia, una blanca ( $L_{sup.blanca}$ ) y otra gris ( $L_{sup.gris}$ ). Las condiciones luminosas deberían ser tan difusas como sea posible: sin iluminación artificial, ninguna luz alta/baja incidencia, etc.

$$\rho_1 = \rho_{sup.blanca} \times \frac{L_{superficie}}{L_{sup.gris}} \qquad \rho_2 = \rho_{sup.gris} \times \frac{L_{superficie}}{L_{sup.blanca}}$$

$$\rho_{hh} = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2}$$

- Verificar en obra la luminancia, especialmente en edificios con lugares de trabajo. Para esto se deberán realizar mediciones de luminancia en direcciones pertinentes: Elegir lugares de referencia y medir la luminancia en direcciones de vista típica, 5 mediciones simultáneamente con la iluminancia horizontal en el exterior. Luego se calibra la luminancia de un cielo nublado de referencia proporciona 10.000 lx en el plano horizontal al aire libre. Los puntos de medición deben ubicarse en la tarea visual, los alrededores del campo de visión y las superficies remotas.

- e) Verificar que la transmitancia de los vidrios corresponda a la especificada: Determinación in situ de la transmitancia semiesférica hemisférica ( $t_{hh}$ ) de cristal claro o translúcido, que corresponde a la proporción de iluminancia detrás del vidrio ( $I_{in}$ ) y delante del mismo ( $I_{out}$ ), con el lux meter situado al exterior. Esta medición debe realizarse en condiciones de cielo nublado.

$$t_{hh} = I_{in}/I_{out}$$

Donde:  $t_{hh}$ : transmitancia semiesférica hemisférica.  
 $I_{in}$ : iluminancia detrás del vidrio.  
 $I_{out}$ : iluminancia delante del vidrio.

## 6 GLOSARIO:

**Brillo:** Sensación visual asociada a la cantidad de luz emitida por un área determinada. Se corresponde con la luminancia.

**Campo visual:** Extensión del espacio físico visible desde una posición dada.

**Confort visual:** Característica que manifiesta la ausencia de perturbaciones procedentes del entorno visual.

**Contraste:** Sensación subjetiva de la diferencia en apariencia de dos partes de un campo visual. Usualmente se cuantifica como:

$$(L_2 + L_1)/L_1$$

Donde:  $L_1$ : Luminancia dominante de fondo.

$L_2$ : Luminancia del objeto.

**Curva isolux:** Lugar geométrico de los puntos de una superficie donde el valor de la iluminancia es idéntico.

**Deslumbramiento:** La incomodidad en la visión producida cuando partes del campo visual son muy brillantes en relación a las cercanías a las que el ojo está adaptado.

**Entorno visual:** Espacio que puede ser visto desde una posición moviendo la cabeza y los ojos.

**Iluminancia:** Flujo incidente por unidad de área en una superficie iluminada.  $E = \phi / A$  Unidad: lux, lx.

**Iluminancia mantenida ( $\bar{E}_m$ ):** Valor por debajo del cual no debe descender la iluminancia media en el área especificada. Unidad: lux (lx).

**Índice de Reproducción cromática:** Grado con el cual los colores de objetos iluminados con esa fuente están conformes a los observados al iluminar con iluminantes de referencia, IRC o Ra.

**Luminancia (L):** Se define como el cociente entre la intensidad luminosa procedente de una superficie en una dirección dada y el área aparente de dicha superficie. Se expresa en ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Cuando las superficies son iluminadas, la luminancia depende del nivel de iluminación y de las características de reflexión de la propia superficie.

**Reflectancia:** Cociente entre el flujo reflejado por una superficie y el recibido: ( $\rho = \phi_{\text{refl}} / \phi_{\text{recib}}$ ).

**Rendimiento de color:** Efecto de una fuente de luz en la apariencia cromática de un objeto comparada con su apariencia al ser iluminada con iluminantes patrón. Es la habilidad de una fuente de luz para reproducir un color relativamente a ese mismo color iluminado por una fuente de luz patrón. Analíticamente, el rendimiento de color de una fuente de luz está definido por el Índice de Rendimiento del Color. Un buen rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color alto; un mal rendimiento de color está indicado por un Índice de Rendimiento de Color bajo.

**Temperatura de color (de una fuente):** Temperatura del cuerpo negro en la que éste emite luz con la misma apariencia cromática que la fuente de luz considerada. Unidad: Kelvin, K. Temperaturas de color de 4000 K o superiores pertenecen a luz blanca y fría; temperaturas de color de menos de 3000 K tienen apariencia cálida.

**Plano de trabajo:** Plano horizontal sobre el cual se calculará la iluminancia media. Usualmente para oficinas y similar se considera 0.85 metros.

## 7 REFERENCIAS

- EN12464-1, N. E. (2002). *Luz y Alumbrado o Iluminación – Alumbrado de los puestos de trabajo- Parte 1: Puestos de trabajo en interiores*. European Committee for Standardization CEN.
- IDAE <http://www.idae.es>
- Illuminating Engineering Society of North America <http://www.iesna.org>
- Lawrence Berkeley National Laboratory <http://windows.lbl.gov>
- Revista Internacional de Luminotecnia (ILR) de Philips.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- British standard BS 8206-2. (2008). *Lighting for buildings*.
- Chartered Institution Of Building Services Engineers, (1999). *Daylighting and window design:Lighting Guide LG10*. London.
- Commission Internationale de l’Eclairage (CIE). (1994). *Spatial distribution of daylight –luminance distributions of various reference skies*. Vienna (Austria): CIE Publication.
- De Herde, A., & Reiter , S. (2001). *L’éclairage naturel de bâtiments*. Architecture et climat, Faculté de Sciences Appliquées, Université catholique de Louvain.
- Illuminating Engineering Society Of North. (2000). *The IESNA Lighting Handbook*. New York.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja.CSICTorroja.CSIC, I. d. (2010). *CTE: Código Técnico de la Edificación*. Obtenido de <http://www.codigotecnico.org/web/recursos/documentos/dbhe/he3/>
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE) . (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación: Centros Docentes*. Madrid: COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN (CEI).
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE), C. E. (2005). *Guía Técnica: Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de Edificios*. Madrid.
- Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (idae), comité español de iluminación (CEI). (2001). *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros Docentes.*, Madrid.
- International Energy Agency. (2001). *Application guide for daylight responsive lighting control:Task 21: Daylight in Buildings*. Solar Heating & Cooling Programme.

- Piderit, M. B. (2011). *Daylighting Design Strategies for Visual Comfort in Classroom*. Université catholique du Louvain, Architecture et Climat.
- Rea, M. (2000). *The IESNA Lighting Handbook*. New York: Illuminating Engineering Society of North America.
- Reinhart, C., & Wienold, J. (2011). The daylighting Dashboard- A Simulation-Based Design Analysis for Daylit Space. *Building and Environment*, 46 ((2)), 386-396.
- The Society of light and lighting. (2009). *The SLL Lighting Handbook*. London, UK: Stones the Printers Ltd. [www.stonestheprinters.co.uk](http://www.stonestheprinters.co.uk).
- Wienold, J. (2009). Dynamic daylight glare evaluation. *Building simulation.*, (págs. 947-951). Glasgow (UK).



***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 9**

**Confort Acústico**





**Guía Técnica de Apoyo N° 9**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort Acústico

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....</b>	<b>5</b>
	2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS.....	5
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO .....</b>	<b>6</b>
	3.1 VALORES LÍMITES .....	6
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>8</b>
	4.1 ANTECEDENTES PREVIOS .....	8
	4.2 METODOLOGÍA .....	8
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN EXIGENCIAS.....</b>	<b>10</b>
	5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO .....	10
	5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.....	10
<b>6</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>12</b>
<b>7</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>15</b>

Guía Técnica de Apoyo N° 9

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort Acústico

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO MÍNIMO.....	6
TABLA 2: AISLAMIENTO ACÚSTICO MÍNIMO DE FACHADA Y ELEMENTOS DE FACHADA.....	7
TABLA 3: TIEMPO DE REVERBERACIÓN MÁXIMO PERMITIDO.....	7

**Guía Técnica de Apoyo N° 9**

**CONFORT AMBIENTAL**  
Confort Acústico

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica Confort Acústico en recintos de edificios. Define la exigencia, los indicadores, sus límites y procedimientos de verificación en diseño y obra.

## 1 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente documento básico es de aplicación en:

- a) Diseño y obra de edificios públicos nuevos.
- b) Diseño y obra de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1000 m<sup>2</sup>, donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos exteriores.

Quedan excluidos los edificios de uso residencial, los que para los efectos de confort acústico están sujetos a lo establecido en el Artículo 4.1.6 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

En adición a lo anterior, se excluyen los edificios utilizados como recintos deportivos, de pública concurrencia, destinados a espectáculos (música, teatro, cine), auditorios y salas de conferencia con volumen superior a 350 (m<sup>3</sup>).

## 2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA

Los edificios dispondrán de estrategias de diseño para que sus recintos cuenten con la adecuada aislación acústica al ruido proveniente del exterior, de otras unidades dentro del edificio y de las instalaciones mecánicas, en adición al control de la reverberación al interior de los recintos y emisión sonora de las instalaciones.

### 2.1 INDICADORES Y PARÁMETROS

Los parámetros que definen el confort acústico se agrupan en los siguientes indicadores, definiéndose valores límites para el diseño de elementos particulares.

- a) **Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo (dBA)**
  - Índice de Reducción Sonora Aparente,  $R_A$ .
  - Diferencia de Niveles Estandarizada,  $D_{2m,nT}$ .

b) **Aislamiento Acústico a Ruido de Impacto (dBA)**

- Nivel de Presión Sonora de Impactos Normalizado,  $L'_{n,w}$ .

c) **Tiempo de Reverberación (s)**

d) **Inteligibilidad de la Palabra STI (s/d)**

e) **Nivel de Presión Sonora Corregido, NPC (dBA)**

### 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

#### 3.1 VALORES LÍMITES

a) **Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo**

El aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo será exigido para los siguientes elementos constructivos, cuyos valores en función del tipo de recinto se muestran en la Tabla 1:

- Elementos de separación vertical entre recintos habitables (entre oficinas, entre salas de clase, entre pabellones quirúrgicos, entre habitaciones).
- Elementos de separación vertical entre recintos habitables y áreas comunes (entre oficinas y pasillo, entre salas de clase y pasillo, entre pabellones quirúrgicos y pasillo, entre habitaciones y pasillo).
- Elementos de separación vertical entre recintos habitables y salas de equipamiento, tales como salas de máquina, generación eléctrica, salas de música, talleres y gimnasios, entre otros.
- Puertas y ventanas.
- Elementos de separación horizontal considerando recinto receptor de carácter habitable y áreas comunes, se excluye exigencia a recintos receptores destinados a equipamiento.

Tabla 1: Aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo.

<b>Recinto Emisor</b>	<b>Recinto receptor</b>				
	<b>Oficinas (dBA)</b>	<b>Salas de clase (dBA)</b>	<b>Pabellones (dBA)</b>	<b>Áreas comunes (dBA)</b>	<b>Equipamiento (dBA)</b>
Oficinas	35	50 dB	35 dB	35 dBA	50 dBA
Salas de clase	---	50 dB	---	50 dBA	50 dBA
Pabellones	---	---	35 dB	45 dBA	50 dBA
Áreas comunes	---	---	45 dB	35 dBA	50 dBA
Equipamiento	---	---	55 dB	---	50 dBA

Fuente: CTE DB HR / ANSI S12.60-2002 / SHTM 08-01: Acoustics / OGUC

**b) Aislamiento Acústico a Ruido de Impacto**

El Nivel de Presión Sonora de Impactos Normalizado,  $L_{n,w}$ , máximo permitido será de 75 (dB) para los siguientes elementos constructivos:

- Elementos de separación horizontal considerando recinto receptor de carácter habitable y áreas comunes, se excluye exigencia a recintos receptores destinados a equipamiento.

**c) Aislamiento Acústico de Fachadas y Elementos de Fachadas**

El aislamiento acústico a ruido aéreo mínimo exigido para fachadas y elementos de fachada se muestra a continuación en la Tabla 2:

Tabla 2: Aislamiento acústico mínimo de fachada y elementos de fachada.

<b>NED (dBA)</b>	<b>Aislamiento acústico mínimo todo tipo de edificio</b>
NED ≤ 65 dBA	35 dBA
NED > 65 dBA	NED – 30 dBA

Fuente: NCh 351 Of.61

El parámetro NED (Nivel equivalente diurno) corresponde al nivel de presión sonora equivalente, expresado en dBA, obtenido al exterior de la fachada o elemento de fachada sujeta a evaluación. Puede obtenerse a través de mediciones (la norma NCh 352-1 Of. 2000 establece el procedimiento para su obtención), o consultando mapas de ruido. El valor obtenido es comparado con el límite máximo permisible establecido en el Decreto Supremo Nº 146/97 del Ministerio Secretaría General de la Presidencia (MINSEGPRES) para la zona donde se emplaza el edificio. El valor NED a considerar corresponderá al mayor valor obtenido en la comparación anterior.

**d) Tiempo de Reverberación**

El Tiempo de Reverberación T máximo permitido se muestran en la Tabla 3, y serán exigidos para los siguientes recintos:

- Aulas y salas de conferencia con un volumen  $V < 350$  (m<sup>3</sup>)
- Áreas comunes.

Tabla 3: Tiempo de reverberación máximo permitido.

<b>Recinto</b>	<b>T (s)</b>
Aulas y salas de conferencia con un volumen $V < 350$ (m <sup>3</sup> )	0,7 s
Áreas comunes	0,9 s

Fuente: CTE DB HR.

#### e) Inteligibilidad de la Palabra

La inteligibilidad de la palabra, descrita por medio del Speech Transmission Index (STI), deberá ser mayor que 0,6 ( $STI > 0,6$ ), para los siguientes recintos

- Aulas y salas de clase.

#### f) Ruido y Vibraciones de equipamiento

El Nivel de Presión Sonora Corregido, NPC, para el equipamiento al interior del edificio, operando de forma simultánea, no deberá superar los límites máximos permisibles establecidos en el D.S. Nº 146/97 del MINSEGPRES. En adición a lo anterior, las instalaciones térmicas de los edificios deben cumplir con los valores límites de emisión de ruido y directrices de instalación contenidos en el acápite ITE 02.2.3 Ruidos y vibraciones del Reglamento de Instalaciones Térmicas de Chile (RITCh).

- Sistemas de aire acondicionado y climatización,
- Equipos hidráulicos,
- Ventilación mecánica,
- Ascensores y montacargas,
- Generación eléctrica,
- Ductos de descarga de desperdicios.

## 4 PROCEDIMIENTO

### 4.1 ANTECEDENTES PREVIOS

En todos los casos se deberá contar a lo menos con los siguientes antecedentes previos:

- a) Proyecto de arquitectura del edificio: Antecedentes para deducir la geometría del edificio y de sus recintos, dimensiones, formas, orientación de sus fachadas y componentes.
- b) Proyecto o antecedentes sobre las instalaciones o sistemas previstos para la ventilación: Se deben incluir las especificaciones técnicas, junto con certificados o informes de rendimiento de equipos y dispositivos, información referente a emisión de ruido.
- c) Especificaciones Técnicas y catálogo de materiales.

### 4.2 METODOLOGÍA

Para comprobar las exigencias en etapa de diseño, referente al aislamiento acústico, a ruido aéreo y de impacto, se debe realizar de acuerdo a cualquiera de los métodos siguientes:

- a) Mediante informe de ensayo o informe de inspección (de acuerdo a definición presentada en Artículo 4.1.6 OGUC) que acredite cumplimiento del elemento constructivo.
- b) Mediante consulta de Listado Oficial de Soluciones Constructivas para Aislamiento Acústico – MINVU.
- c) Mediante modelación numérica en base a Ley de Masa, normas europeas EN 12354, partes 1, 2 y 3, u otros modelos presentados en la literatura especializada. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada.

El Tiempo de Reverberación se obtendrá mediante cálculo a través de la ecuación de Sabine. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada.

La inteligibilidad de la palabra se obtendrá a partir del cálculo del tiempo de reverberación, utilizando el algoritmo propuesto por Carrión. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada.

La emisión de ruido de las instalaciones se obtendrá mediante cálculo a partir de los modelos de emisión sonora presentados en la literatura especializada. Se deberá presentar memoria de cálculo de la modelación realizada.

Las modelaciones solicitadas pueden ser realizadas mediante simulación computacional utilizando los softwares disponibles en el mercado. Los programas recomendados son los siguientes: SONarchitect ISO, INSUL, ZORBA, ECOTECT, EASE.

## 5 COMPROBACIÓN EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN EN DISEÑO

En la etapa de ejecución de obra se deberá realizar inspección técnica para comprobar las especificaciones del proyecto, se prestará especial atención en las partidas referentes a la aislación acústica, reverberación y ruido emitido por las instalaciones. Se inspeccionará la correcta instalación, posición, dimensiones y secuencias de montaje de las soluciones constructivas especificadas.

### 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA

Esta comprobación se debe realizar una vez que el edificio ha concluido la etapa de terminaciones.

#### a) Aislamiento Acústico a Ruido Aéreo

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 200 m<sup>3</sup>, utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 *Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones*. En los recintos de recepción cuyo volumen sea superior a 200 m<sup>3</sup> se debe utilizar NCh 2785 Of. 2002 *Medición de Aislación Acústica en Construcciones y Elementos de Construcción – Mediciones en terreno de la aislación acústica aérea entre recintos*.

#### b) Aislamiento Acústico a Ruido de Impacto

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 200 m<sup>3</sup>, utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 *Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones*. En los recintos de recepción, cuyo volumen sea superior a 200 m<sup>3</sup>, se debe utilizar ISO 140-7:1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors.

#### c) Aislamiento Acústico de Fachadas y Elementos de Fachadas

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 200 (m<sup>3</sup>), utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 *Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones*. En los recintos de recepción cuyo volumen sea superior a 200 m<sup>3</sup> se debe utilizar ISO 140-5:1998 Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of façade elements and façades.

#### d) Tiempo de Reverberación

Si el volumen del recinto de recepción (en el cual se mide la transmisión sonora) está comprendido entre 10 y 200 (m<sup>3</sup>), utilizar la norma chilena NCh 2803 Of. 2003 *Verificación de la Calidad Acústica de las Construcciones*. En los recintos de recepción cuyo volumen sea superior a 200 (m<sup>3</sup>) se debe utilizar ISO

3382-2:2008 Acoustics – Measurement of room acoustic parameters – Part 2: Reverberation time in ordinary rooms.

e) **Inteligibilidad de la Palabra**

Calculado a partir del Tiempo de Reverberación.

f) **Ruido y Vibraciones de Equipamiento**

De acuerdo al procedimiento de medición establecido en el D.S. N° 146/97 del MINSEGPRES.

## 6 GLOSARIO

**Absorción acústica:** es el fenómeno físico que se describe a través del porcentaje de la energía sonora, que se transforma en calor (disipación) cuando ésta incide en una superficie. La capacidad de los materiales para absorber el sonido se cuantifica mediante el coeficiente de absorción, que varía desde 0 a 1.

**Aislamiento acústico:** propiedad física de un elemento o solución constructiva que determina la capacidad para atenuar la transmisión sonora de un recinto a otro.

**Áreas comunes:** recintos u espacios transitables que constituyen parte de los bienes comunes de acuerdo a las disposiciones legales vigentes.

**Decibel (dB):** unidad adimensional utilizada para expresar el logaritmo de la razón entre una cantidad medida y una cantidad de referencia. De esta manera, el decibel es utilizado para describir niveles de presión, potencia o intensidad sonora.

**Decibel A dB(A):** unidad de medida del ruido que toma en cuenta las diferencias de sensibilidad que el oído humano tiene para las distintas frecuencias dentro del campo auditivo.

**Ensayo de Laboratorio:** ensayo de elementos que deberá ser realizado por un Laboratorio inscrito en el Registro Oficial de Laboratorios de Control Técnico de Calidad de Construcción del Ministerio de Vivienda y Urbanismo. Se coloca la muestra entre dos cámaras reverberantes normalizadas, donde está controlada la transmisión indirecta. La diferencia de niveles obtenida corresponde únicamente a la atenuación producida por la muestra de ensayo.

**Ensayo en terreno:** ensayo que se realiza en terreno de acuerdo a normativa, y tiene la ventaja de evaluar en situación real la solución constructiva empleada, considerando la influencia de la ejecución en obra de la solución. El ensayo debe ser realizado por un consultor inscrito en los registros del MINVU.

**Fachada:** elemento constructivo vertical o con inclinación superior a 60° sobre la horizontal, que separa un espacio habitable de la vivienda con respecto al exterior.

**Frecuencia (f):** es el número de oscilaciones ocurridas en un tiempo de un segundo de una onda sonora sinusoidal. Se mide en ciclos por segundo ( $s^{-1}$ ) o Hertz (Hz).

**Índice de Reducción Acústica (R):** diferencia de niveles entre el recinto de emisión sonora y el recinto de recepción, corregidos por la relación entre el área del elemento constructivo ensayado y el área de absorción equivalente del recinto receptor. Se determina experimentalmente en laboratorio según la norma NCh 2786.

**Índice Ponderado de Reducción Acústica:** es el valor en decibeles, a 500 Hz de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales según el método especificado en la norma ISO 717-1.

**Nivel de presión sonora:** corresponde a veinte veces el logaritmo de base diez de la razón entre la raíz cuadrática media de la presión sonora considerada, y la presión sonora de referencia ( $20\mu\text{Pa}$ ).

**Nivel de presión sonora continuo equivalente:** valor del nivel de presión sonora de un sonido continuo y estable, que dentro de un intervalo de tiempo especificado  $T$ , tiene la misma presión sonora cuadrática media que un sonido considerado variante en el tiempo.

**Nivel de Presión Sonora Corregido, NPC:** es aquel nivel de presión sonora que resulte de las correcciones establecidas en el D.S. N° 146/97 del MINSEGPRES.

**Nivel equivalente diurno, NED:** es el nivel de presión sonora continuo equivalente, expresado en dBA, medido en el exterior de la fachada evaluada, durante los períodos diurnos que consideran la actividad característica del lugar.

**Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado, Ln:** es el nivel de presión de ruido de impactos  $L$ , ajustado mediante un término de corrección, dado por el cociente entre la absorción equivalente del recinto receptor y el área de absorción equivalente de referencia.

**Nivel de Presión Acústica de Impacto Normalizado Ponderado:** es el valor en decibeles, a 500 Hz de la curva de referencia una vez ajustada a los valores experimentales según el método especificado en la norma ISO 717-2.

**Presión sonora:** incremento variable de la presión atmosférica que resulta de la presencia o la ausencia de sonido.

**Puente Acústico:** discontinuidad de un elemento constructivo que genera una mayor transmisión de la energía acústica.

**Reverberación:** es el fenómeno físico de persistencia del sonido en el interior de un recinto, una vez cesada la emisión de la fuente de ruido. Esto a causa de las reflexiones superficiales en el mismo.

**Ruido:** sonido no deseado, capaz de generar una sensación auditiva desagradable.

**Sonido:** es cualquier variación de la presión en el aire que pueda generar una sensación auditiva.

**Tiempo de Reverberación:** es el tiempo en que la energía acústica se reduce a la millonésima parte de su valor inicial (ó 60 dB), una vez cesada la emisión de la fuente sonora.

## 7 REFERENCIAS

- American National Standards Institute, ANSI. (2002). “Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools”. (ANSI S12.60-2002).
- Cámara Chilena de Refrigeración y Climatización, A.G. (2007). Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios en Chile, RITCh.
- Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (1992). “Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones”. D.S. N° 47/92 MINVU. CHILE.
- Ministerio Secretaría General de la Presidencia. (1997). “Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas”. D.S. N° 146/97 MINSEGPRES. Chile.
- Instituto Nacional de Normalización, INN. (1961). “Condiciones acústicas que deben cumplir los edificios”. (NCh 351 Of.1961).
- Ministerio de Fomento, España. Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, que aprueba el documento básico “DB-HR Protección frente al Ruido” del Código Técnico de la Edificación, España.
- Office of the Deputy Prime Minister (2003). The Building Regulations, Approved Document E, Resistance to the passage of sound (2003 Edition). London: The Stationery Office. ISBN 0117536423.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- BRE Acoustics, Building Research Establishment Ltd (BRE). (2003). Building Bulletin 93 – Acoustic Design of Schools. Bridget Shield, London South Bank University.
- Comisión Nacional del medio Ambiente, CONAMA. (1998). “Manual de Aplicación Norma de Emisión de Ruidos Molestos Generados por Fuentes Fijas”. Comisión Nacional del medio Ambiente, Chile.
- Crocker, M. (2007). “Handbook of Noise and Vibration Control”. John Wiley & Sons, Inc. ; 1st Ed.
- Health Facilities Scotland. (2010). Scottish Health Technical Memorandum 08-01 (SHTM 08-01: Acoustics).
- Hopkins, C. (2007). “Sound Insulation”. Elsevier Ltd; 1st Ed.
- Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc-CSIC. (2009). Guía de aplicación del DB HR Protección frente al ruido (Versión V.01). Ministerio de Vivienda, España.
- Meza, L. (2007). “Nueva valoración del aislamiento acústico de viviendas asociado al clima mediterráneo: Aislamiento Acústico / Aislamiento Térmico”. Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.
- Vigrán, E. (2008). “Building Acoustics”. Taylor & Francis; 1ra Ed.





***Términos de Referencia Estandarizados con Parámetros de Eficiencia Energética y Confort Ambiental, para Licitaciones de Diseño y Obra de la Dirección de Arquitectura, Según Zonas Geográficas del País y Según Tipología de Edificios***

**GUÍA TÉCNICA DE APOYO N° 10**

**Eficiencia de las Instalaciones de Agua Potable**





**Guía Técnica de Apoyo N° 10**

**AHORRO DE AGUA**

Eficiencia de las instalaciones de agua potable

**ÍNDICE DE CONTENIDOS**

<b>1</b>	<b>ÁMBITO DE APLICACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA.....</b>	<b>3</b>
	2.1 EXIGENCIA BÁSICA DE EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE.....	3
	2.2 INDICADORES.....	4
<b>3</b>	<b>CRITERIOS DE DESEMPEÑO .....</b>	<b>4</b>
	3.1 VALORES LÍMITE .....	4
<b>4</b>	<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
	4.1 ANTECEDENTES PREVIOS.....	5
	4.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO.....	6
<b>5</b>	<b>COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS.....</b>	<b>12</b>
	5.1 VERIFICACIÓN DE DISEÑO .....	12
	5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA.....	12
	5.3 VERIFICACIÓN POST-OCUPACIONAL .....	12
<b>6</b>	<b>GLOSARIO .....</b>	<b>13</b>
<b>7</b>	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>15</b>

**Guía Técnica de Apoyo N° 10**

**AHORRO DE AGUA**

Eficiencia de las instalaciones de agua potable

## ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: EXIGENCIA DE AHORRO EN EL CONSUMO GLOBAL ANUAL DE AGUA POTABLE. ....	4
TABLA 2: CONSUMOS Y CAUDALES DE REFERENCIA POR ARTEFACTO (*). ....	7
TABLA 3: USOS DIARIOS POR ARTEFACTO SEGÚN TIPOLOGÍA DE EDIFICIOS Y TIPO DE USUARIO. ....	8

**Guía Técnica de Apoyo N° 10**

**AHORRO DE AGUA**

Eficiencia de las instalaciones de agua potable

El agua se ha convertido en un bien escaso y como tal, el diseño y desarrollo de sistemas y planes de manejo eficiente de artefactos y tecnologías destinadas al ahorro de ésta se ha vuelto prioritario. La demanda por agua potable con una calidad adecuada para el consumo humano ha ido en aumento, teniendo estrecha relación al aumento de la población, esperándose que siga en aumento. Es por esto que se hace prioritario el desarrollo de planes de mejoramiento y manejo eficiente de este recurso, así como el buscar e incorporar nuevas fuentes.

Debido a lo anterior, se hace prioritario desarrollar proyectos de instalaciones sanitarias, tanto de abastecimiento de agua potable como de disposición de aguas servidas, que prioricen el uso eficiente del agua y la disposición de las mismas.

Este documento tiene por objeto establecer guías técnicas para cumplir con la exigencia básica de eficiencia de las instalaciones de agua potable en edificios públicos, y considera los volúmenes correspondientes a consumo humano, sanitario y riego de áreas verdes.

## **1 ÁMBITO DE APLICACIÓN**

La presente Guía Técnica de Apoyo es de aplicación en proyectos de:

- a) Edificios públicos nuevos.
- b) Remodelación o reacondicionamiento de edificios públicos existentes, con una superficie útil mayor a 1.000 m<sup>2</sup> y donde se renueve más del 50% del total de sus cerramientos.

## **2 CARACTERIZACIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE LA EXIGENCIA**

### **2.1 EXIGENCIA BÁSICA DE EFICIENCIA DE LAS INSTALACIONES DE AGUA POTABLE**

Toda nueva instalación de agua potable de edificios públicos deberá estar orientado a reducir la generación de aguas residuales, disminuyendo el uso de agua potable. Con este objetivo, se exigirá el cumplimiento de medidas respecto a la eficiencia de las instalaciones y equipamiento, la incorporación de tecnologías de ahorro de agua, fomentar el reciclaje de aguas grises y la recolección de aguas lluvias y, en la medida de lo posible, la utilización de energías renovables para la generación de agua caliente sanitaria.

Además del cumplimiento de las condiciones de diseño y ejecución de las instalaciones impuestas a los proyectos sanitarios, deberá consultarse la aplicación de programas de educación de sus usuarios y un

plan formal de administración del recurso, con el objeto de crear conciencia sobre la importancia de un uso racional del sistema y los recursos hídricos, puesto que los beneficios de un buen proyecto de ingeniería podrían ser contrarrestados por un mala utilización de los mismos.

## 2.2 INDICADORES

- a) **Porcentaje de ahorro anual (%):** porcentaje de ahorro en el consumo global de agua potable del edificio de proyecto en relación al consumo global de agua potable del edificio de referencia. Para la estimación de los consumos globales se deberá calcular los consumos directos, restando los volúmenes generados por los proyectos de reciclaje de aguas grises y recolección de aguas lluvias.
- b) **Demanda directa anual (m<sup>3</sup>/año):** volumen estimado de agua potable utilizado anualmente para el consumo humano, uso sanitario y riego de áreas verdes. Deberá calcularse en base al consumo o caudal de salida de los artefactos, además del número de usuarios y usos diarios estimados.
- c) **Consumo global anual (m<sup>3</sup>/año):** para calcular los consumos globales del proyecto de referencia y del proyecto propuesto se deberá calcular sus consumos directos, restando del caso propuesto los volúmenes generados por los proyectos de reciclaje de aguas grises y recolección de aguas lluvias.

## 3 CRITERIOS DE DESEMPEÑO

### 3.1 VALORES LÍMITE

En su conjunto, la aplicación de medidas de ahorro de agua en los proyectos de agua potable, alcantarillado y reciclaje de aguas grises y/o pluviales, deberán lograr una reducción mínima en relación al consumo de agua potable de su caso de referencia, según el nivel de precipitaciones de la localidad de su emplazamiento. Este porcentaje de ahorro está expresado en la siguiente tabla:

Tabla 1: Exigencia de ahorro en el consumo global anual de agua potable.

Consumo anual [m <sup>3</sup> /año]	Precipitaciones Anuales [mm/año]		
	0-1.000	1.001-2.000	>2.000
<1.500	30%	25%	20%
1.501-2.000	35%	30%	25%
>2.001	40%	35%	30%

Fuente: Elaboración propia.

A los proyectos ubicados en zonas con un nivel de precipitaciones anuales bajo 1.000 mm, se les hará exigible una reducción del consumo de agua potable con respecto al edificio de referencia, según la Tabla 1, y según el consumo anual de agua potable estimado, a través de la instalación de artefactos y/o sistemas eficientes. Asimismo, para los proyectos de superficie útil mayor a los 1.000 m<sup>2</sup> en estas zonas, se deberá realizar una evaluación económica y técnica de un proyecto de reciclaje de aguas grises.

A los proyectos ubicados en zonas con un nivel de precipitaciones anuales entre los 1.000 mm y 2.000 mm se les exigirá una disminución del consumo a través de artefactos con eficiencia hídrica según la tabla anterior, además de la evaluación económica y técnica de proyectos de reciclaje de aguas grises y de recolección de aguas lluvias.

Los proyectos ubicados en zonas con un nivel de precipitaciones anuales sobre los 2.000 mm deberán disminuir su consumo de referencia, de acuerdo a la Tabla 1, a través de artefactos con eficiencia hídrica, además de desarrollar un proyecto de recolección y utilización de aguas lluvias.

## 4 PROCEDIMIENTO

### 4.1 ANTECEDENTES PREVIOS

Los edificios deberán cumplir exigencias mínimas de ahorro de agua, tanto en su fase de diseño como en la fase de construcción, de manera de facilitar la reducción del consumo global de agua potable para fines sanitarios y de riego.

Asimismo, los proyectos sanitarios que incorporen el tratamiento y reutilización de aguas grises deberán identificar y separar claramente los trazados para la conducción de aguas grises y de aguas negras, habilitando al menos un punto de bypass que permita conducir el exceso de efluentes de aguas grises hacia el sistema de alcantarillado, en caso de ser requerido. Se deberá tener especial cuidado en que los trazados y esta conexión se diseñen y ejecuten de forma que se evite la contaminación cruzada de los efluentes.

Para dar cumplimiento a las exigencias propuestas, se define una metodología de cálculo basada en la estimación del consumo de agua de un sistema que deberá contemplar artefactos aceptados como eficientes (proyecto) en comparación con el consumo de un sistema con un estándar de base (edificio de referencia), con la finalidad de obtener un porcentaje de ahorro de agua potable. Para ello, se considerará las contribuciones de medidas de reducción directas, así como también las obtenidas a través de instalaciones de reciclaje y tratamiento de aguas grises y/o pluviales.

Los valores límites que se proponen para las exigencias, por zona, por edificio, por lo que corresponda con las remisiones y referencias cuando sea necesario.

## 4.2 METODOLOGÍA DE CÁLCULO

La metodología se resume como sigue:

- a) **Evaluación particular de la eficiencia de artefactos:** se evaluará la eficiencia particular de cada artefacto propuesto en el proyecto sanitario, considerando el caudal de salida [l/min] o volumen de consumo [l] declarado por el fabricante, contrastándolos con los caudales y consumos de referencia.
- b) **Cálculo de la demanda directa del edificio de referencia:** diferenciando los volúmenes obtenidos para consumo humano, higiene, y sanitarios. Estimación anual de consumo de agua potable [m<sup>3</sup>/año] y volumen de reciclaje de aguas grises [m<sup>3</sup>/año], según NCh 2485 Of. 2000 o normativa que corresponda.
- c) **Cálculo de la demanda directa del proyecto propuesto:** considerando especificaciones técnicas de los artefactos eficientes propuestos, limitando los caudales máximos según referencia, para el cálculo de la demanda.
- d) **Proyecto de reutilización de aguas grises y pluviales:** estudio, por separado, de la factibilidad técnica y económica de reutilización/reciclaje de aguas grises y/o pluviales, para evaluar el volumen de contribución de cada proyecto particular al ahorro de agua global.
- e) **Cálculo de porcentaje de reciclaje y ahorro de agua estimado:** estimación de ahorro anual del volumen de agua potable [m<sup>3</sup>/año], como porcentaje del consumo del edificio de referencia, de acuerdo a la demanda estimada de proyecto propuesto. Se exigirá un porcentaje mínimo de ahorro de agua, de acuerdo a la demanda estimada del proyecto propuesto, mientras que el ahorro se calculará considerando las medidas de reducción del consumo directo, así como el volumen reciclado de instalaciones de tratamiento de aguas grises y/o pluviales.

A continuación, se describe la metodología para la medición, mitigación, reducción y compensación del consumo de agua potable, diferenciada según la zona geográfica o ciudad que corresponda.

### 4.2.1 EVALUACIÓN PARTICULAR DE LA EFICIENCIA DE ARTEFACTOS

Para considerar el nivel de eficiencia de los artefactos, se utilizará la siguiente tabla de referencia:

Tabla 2: Consumos y caudales de referencia por artefacto (\*).

Artefacto	Unidad	Consumo o Caudal de Salida			
		Referencia		Eficiente	
		Agua fría	Agua caliente	Agua fría	Agua caliente
WC corriente	l/descarga	12	N/A	3-6	N/A
WC válvula automática	l/descarga	seg. fabricante	N/A		
Urinario corriente	l/descarga	6	N/A	2-3	N/A
Urinario c/ cañería perforada	l/min	10	N/A		
Urinario válvula automática	l/descarga	seg. fabricante	N/A		
Ducha (baño lluvia)	l/min	12	12	4-8	4-8
Ducha c/ cañería perforada	l/min	40	N/A		
Tina	l/min	15	15		
Bidet	l/min	6	6	2-3	2-3
Lavamanos	l/min	8	8	4-6	4-6
Lavaplatos	l/min	12	12	8	8
Lavacopas	l/min	12	12		
Lavavajillas	l/kg	15	15	10-12	10-12
Bebedero	l/min	5	N/A		
Salivera dentista	l/min	5	N/A		
Lavadero	l/kg	30	30		
Máquina de lavar ropa	l/kg	20	20	10	10
Llave de riego 13 mm	l/min	20	N/A	6-8	6-8
Llave de riego 19 mm	l/min	50	N/A		

Fuente: Caudales y consumos de artefactos referencia en base al RIDAA (Reglamento de Instalaciones Domiciliarias de Agua Potable y Alcantarillado); caudales y consumos de artefactos eficientes según universo de modelos disponibles en el mercado.

(\*) Los valores de consumo o caudal de salida de artefactos considerados eficientes se entregan a título ilustrativo. Estos valores deberán ser definidos y certificados por el fabricante, según el modelo de artefacto y para cada proyecto particular.

En todo caso, para los proyectos de referencia y propuesto se deberá considerar la provisión e instalación de un número de artefactos para cubrir los requerimientos de la demanda. De este modo, para establecimientos educacionales se deberá cumplir, como mínimo, con el número de artefactos exigidos en el Art. 4.5.8 de la OGUC. En lugares de trabajo, este número se encuentra definido en el D.S. N° 594 (1999).

Tabla 3: Usos diarios por artefacto según tipología de edificios y tipo de usuario.

Artefacto	Referencia		Usos / día			
	Unidad	Duración	Salud		Seguridad	
			Permanente	Transitorio	Permanente	Transitorio
WC	descargas/usuario	N/A	4,0	0,6	3,0	0,2
Urinario	descargas/usuario	N/A	3,0	0,6	2,0	0,2
Lavamanos	seg/usuario	15	8,0	4,0	5,0	0,6
Ducha	seg/usuario	300	1,0	-	1,0	-
Lavaplatos	seg/usuario	15	6,0	1,8	4,5	-
Lavavajillas	kg/usuario	0,15	4,0	1,2	3,0	-
Lavadero	kg/usuario	0,9	1,7	-	1,4	-
Máquina de lavar ropa	kg/usuario	0,9	1,7	-	1,4	-
Riego de áreas verdes	l/m <sup>2</sup>	15	1,0	-	1,0	-

Artefacto	Referencia		Usos / día			
	Unidad	Duración	Oficina		Educativo	
			Permanente	Transitorio	Permanente	Transitorio
WC	descargas/usuario	N/A	3,0	0,3	3,0	0,3
Urinario	descargas/usuario	N/A	2,0	0,2	2,0	0,2
Lavamanos	seg/usuario	15	3,0	0,5	3,0	0,5
Ducha	seg/usuario	300	1,0	-	1,0	-
Lavaplatos	seg/usuario	15	4,5	0,6	6,0	-
Lavavajillas	kg/usuario	0,15	3,0	0,4	4,0	-
Lavadero	kg/usuario	0,9	-	-	1,0	-
Máquina de lavar ropa	kg/usuario	0,9	-	-	1,0	-
Riego de áreas verdes	l/m <sup>2</sup>	15	1,0	-	1,0	-

Fuente: Elaboración propia, basado en estudio publicado por la SISS (Superintendencia de Servicios Sanitarios) sobre el consumo de agua potable en edificios residenciales.

En el cálculo se deberá considerar la participación de los usuarios permanentes y transitorios en el consumo, identificándose a los primeros como todos aquellos usuarios previstos de los que se espere una ocupación mínima del edificio de 40 horas semanales, mientras que los usuarios transitorios serán aquellos con una ocupación menor a la señalada. Para la definición del número de usuarios, deberá considerarse los recintos de servicio que contengan los artefactos, en relación a los recintos servidos por los mismos.

#### 4.2.2 DEMANDA DIRECTA DE AGUA POTABLE ANUAL DEL EDIFICIO DE REFERENCIA

El cálculo del consumo estimado de agua potable del edificio de referencia se deberá realizar en función de los caudales y consumos de artefactos de referencia indicados en la Tabla 2, además de los usuarios y usos diarios estimados de la Tabla 3, utilizando la ecuación siguiente:

$$DD_r = n * \sum_{i=1}^k c_{ri} * [(N_{Pi} * U_{Pi}) + (N_{Ti} * U_{Ti})]$$

Donde:  $i$  = artefacto tipo, según la tabla 4.1  
 $n$  = período de tiempo evaluado [días]  
 $DD_r$  = consumo directo de agua potable del proyecto de referencia [ $m^3$ ]  
 $c_{ri}$  = caudal / consumo del artefacto  $i$  de referencia, según la tabla 4.1  
 $N_p$  = número de usos diarios del artefacto  $i$  por usuario permanente [s/d]  
 $N_T$  = número de usos diarios del artefacto  $i$  por usuario transitorio [s/d]  
 $U_p$  = número de usuarios permanentes que harán uso del artefacto  $i$  [s/d]  
 $U_T$  = número de usuarios transitorios que harán uso del artefacto  $i$  [s/d]

#### 4.2.3 DEMANDA DIRECTA DE AGUA POTABLE ANUAL DEL EDIFICIO DE PROYECTO

En forma análoga, se hará el cálculo para el proyecto propuesto según la ecuación siguiente:

$$DD_p = n * \sum_{i=1}^k c_{pi} * [(N_{Pi} * U_{Pi}) + (N_{Ti} * U_{Ti})]$$

Donde:  $i$  = artefacto tipo, según la tabla 4.1  
 $n$  = período de tiempo evaluado [días]  
 $DD_p$  = consumo directo de agua potable del proyecto propuesto [ $m^3$ ]  
 $c_{pi}$  = caudal / consumo del artefacto  $i$  propuesto, según especificación del fabricante  
 $N_{pi}$  = número de usos diarios del artefacto  $i$  por usuario permanente [s/d]  
 $N_{Ti}$  = número de usos diarios del artefacto  $i$  por usuario transitorio [s/d]  
 $U_{pi}$  = número de usuarios permanentes que harán uso del artefacto  $i$  [s/d]  
 $U_{Ti}$  = número de usuarios transitorios que harán uso del artefacto  $i$  [s/d]

#### 4.2.4 PROYECTOS DE RECICLAJE Y REUTILIZACIÓN DE AGUAS GRISAS Y/O PLUVIALES

Para los casos especificados en la sección 3.1, se contempla la evaluación de factibilidad técnica y económica de la ejecución de instalaciones de reciclaje de aguas grises y recolección de aguas lluvias, para su uso exclusivo en sanitarios y riego de jardines.

El desarrollo de proyectos de reciclaje de aguas grises deberá generar una red de recolección de aguas servidas, diferenciándola claramente de las redes de recolección de aguas grises y aguas lluvias. Los materiales, componentes, artefactos, equipos y sistemas especificados para su ejecución deberán acreditar su certificación de conformidad por laboratorios y organismos de certificación acreditados por el Sistema Nacional de Acreditación del Instituto Nacional de Normalización, de acuerdo a los procedimientos de certificación que determine la autoridad competente. Junto con el proyecto de reciclaje de aguas grises, deberá entregarse un estudio de riesgos de salud en caso de presentarse cualquiera de estos proyectos, evitando en todo momento cualquier contacto humano directo con estos efluentes una vez en operación.

El desarrollo de proyectos de recolección de aguas lluvias deberá optimizar la captación de las precipitaciones anuales, maximizando el aprovechamiento tanto de las superficies edificadas de cubierta como de pavimentos exteriores, evitando en todo caso el escurrimiento de aguas lluvias hacia el exterior de los deslindes de la propiedad. Como antecedente de los niveles de pluviosidad, se deberá consultar la tabla C.5 de la norma chilena NCh 1079 Of. 2008, que indica la frecuencia de precipitaciones y cantidad de lluvia caída por año.

Para ambos proyectos se deberá definir sistemas apropiados de acumulación, filtrado y desinfección, de acuerdo a factores como el volumen acumulable, la forma y oportunidad de provisión y el destino de consumo, considerando el cumplimiento de los estándares incluidos en la norma chilena NCh 1333 Of. 1978 sobre calidad de agua. Asimismo, deberá resolverse la forma de manejo y disposición de los sedimentos generados.

Determinados los volúmenes anuales estimados generados por cada proyecto, deberán incluirse en el cálculo del consumo global anual para estimar el porcentaje de ahorro obtenido.

#### 4.2.5 DEMANDA GLOBAL ANUAL

Para obtener el consumo global anual, en general esta contribución deberá ser considerada sólo para 260 días (los días hábiles de operación efectiva del edificio).

$$CG_r = DD_r$$

$$CG_p = DD_p - (\text{Reciclaje aguas grises} + \text{Aguas lluvias})$$

Donde:  $CG_r$  = consumo global de agua potable del proyecto de referencia [ $m^3$ ].  
 $CG_p$  = consumo global de agua potable del proyecto propuesto [ $m^3$ ].  
 $DD_r$  = demanda directa de agua potable del proyecto de referencia [ $m^3$ ]  
 $DD_p$  = demanda directa de agua potable del proyecto propuesto [ $m^3$ ]

Sin perjuicio de lo anterior, se deberá evaluar la incorporación, en forma separada, de la contribución de los restantes 105 días (fines de semana) en aquellos proyectos o áreas de

proyecto que así lo ameriten, dado su régimen de ocupación y programa, tales como: internados, centro de reclusión u hospitales.

#### 4.2.6 PORCENTAJE DE AHORRO DE AGUA POTABLE ANUAL

Finalmente, se obtendrá el porcentaje de ahorro de agua potable anual usando la ecuación siguiente:

$$\% \text{ ahorro anual} = \frac{CG_p}{CG_r} * 100$$

Donde:  $CG_r$  = consumo global de agua potable del proyecto de referencia [m<sup>3</sup>].  
 $CG_p$  = consumo global de agua potable del proyecto propuesto [m<sup>3</sup>].

## 5 COMPROBACIÓN DE EXIGENCIAS

### 5.1 VERIFICACIÓN DE DISEÑO

La comprobación de la exigencia en etapa de diseño será realizada a través de una memoria de cálculo entregada como antecedente del proyecto. Este deberá contener, además de los cálculos correspondientes verificando el cumplimiento de los valores límites, los documentos o especificaciones técnicas prescriptivas de los artefactos que se tomaron en consideración.

Junto con lo anterior, se deberá entregar la planimetría básica del proyecto sanitario en donde se indiquen los artefactos y caudales.

En caso exigirse, se deberán adjuntar los antecedentes del proyecto de recolección de aguas lluvias y/o reutilización de aguas grises, tales como: planimetría, especificaciones técnicas del edificio, instrucciones y remisión o referencia de métodos de cálculo y análisis, reglamentos, normas técnicas y otros documentos de respaldo.

### 5.2 VERIFICACIÓN EN OBRA

Procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de las exigencias básicas en fase obra o construcción (no necesariamente post ocupacional). Se aplica al análisis, inspección y ensayos en laboratorio o en obra de materiales, partes del edificio o el edificio en su conjunto. Contiene instrucciones y referencias de métodos de ensayo, de cálculo y otros.

### 5.3 VERIFICACIÓN POST-OCUPACIONAL

Se recomienda implementar un método de comprobación del consumo de agua potable ya sea a través del registro de recibos o boletas de la empresa proveedora del servicio u otro método que deberá quedar explícito en los antecedentes presentados para la aprobación del proyecto. Este valor deberá estar en concordancia con los cálculos de consumo estimados por el proyectista o profesional responsable del proyecto sanitario.

## 6 GLOSARIO

**Aguas grises<sup>1</sup>:** Aguas residuales provenientes de las tinajas y duchas, lavatorios, lavaplatos, y otros similares, excluyendo las aguas negras.

**Aguas negras:** Aguas residuales que contienen excretas.

**Aguas residuales:** Aguas que se descargan después de haber sido usadas en un proceso, o producidas por éste, y que no tienen ningún valor inmediato para este proceso.

**Aguas servidas; aguas servidas domésticas:** Aguas residuales que solo contienen los desechos de una comunidad, compuestas por aguas grises y aguas negras.

**Proyecto de Referencia:**

**Proyecto Propuesto:**

**Red de alcantarillado separado:** Sistema en el cual las aguas residuales y las aguas lluvias u otros tipos de agua son conducidas en alcantarillas separadas.

**Red de alcantarillado unitario; red de alcantarillado combinado:** Sistema en el cual las aguas residuales y las aguas lluvias u otros tipos de agua son conducidas en una misma alcantarilla.

**Reutilización de las aguas:** Aplicación, antes de su devolución al dominio público hidráulico y al marítimo terrestre para un nuevo uso privativo de las aguas que, habiendo sido utilizadas por quien las derivó, se han sometido al proceso o procesos de depuración establecidos en la correspondiente autorización de vertido y a los necesarios para alcanzar la calidad requerida en función de los usos a que se van a destinar.

**Sistema de reutilización de las aguas:** Conjunto de instalaciones que incluye la estación regeneradora de aguas, en su caso, y las infraestructuras de almacenamiento y distribución de las aguas regeneradas hasta el punto de entrega a los usuarios, con la dotación y calidad definidas según los usos previstos.

**Usuario del agua regenerada:** Persona física o jurídica o entidad pública o privada que utiliza el agua regenerada para el uso previsto.

---

<sup>1</sup> NCh 1105 Of.1999. Ingeniería sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales – Diseño y cálculo de redes.

**Punto de entrega de las aguas regeneradas:** Lugar donde el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas entrega a un usuario las aguas regeneradas, en las condiciones de calidad según su uso previstas en esta disposición.

**Lugar de uso del agua regenerada:** Zona o instalación donde se utiliza el agua regenerada suministrada.

**Autocontrol:** Programa de control analítico sobre el correcto funcionamiento del sistema de reutilización realizado por el titular de la concesión o autorización de reutilización de aguas.

## 7 REFERENCIAS

- Generalitat de Catalunya (2006). *DECRET 21 Por el que se regula la adopción de criterios ambientales y de ecoeficiencia en los edificios*. (No. de publicación DOGC 4574).
- Instituto Nacional de Normalización (2008). *Arquitectura y construcción – Zonificación climático habitacional para Chile y recomendaciones para el diseño arquitectónico*. (No. Publicación NCh 1079). Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Normalización (1999). *Ingeniería sanitaria – Alcantarillado de aguas residuales – Diseño y cálculo de redes*. (No. Publicación NCh 1105). Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Normalización (1978). *Ingeniería sanitaria – Requisitos de calidad de agua para diferentes usos*. (No. Publicación NCh 1333). Santiago, Chile.
- Instituto Nacional de Normalización (2000). *Instalaciones domiciliarias de agua potable – Diseño, cálculo y requisitos de las redes interiores*. (No. Publicación NCh 2485). Santiago, Chile.
- Superintendencia de Servicios Sanitarios. (2009). *SISS da a conocer nivel de consumo de agua potable en el país*. Santiago, Chile.





