



GUÍA TÉCNICA DE CONSTRUCCIÓN SUSTENTABLE PARA LA PAZ

_VERSIÓN VALIDADA

ENERO 2017



ÍNDICE GENERAL

Antecedentes	3
Introducción	4
1. METODOLOGÍA	5
1.1 El Clima en el Municipio de la Paz	5
1.2 Definición de la línea base	9
2. RECOMENDACIONES PARA EL INSTRUMENTO NORMATIVO DE CONSTRUCCIÓN VERDE EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ, BOLIVIA	11
2.1 APLICABILIDAD: MATRIZ DE IMPLEMENTACIÓN	11
2.2 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA	13
SECCIÓN 1: ENVOLVENTE DEL EDIFICIO	13
BE1: Reducción de la relación ventanas-muro	13
BE2: Protección solar exterior de los acristalamientos	14
BE3: Reflectancia del techo	15
BE4: Desempeño térmico de los componentes de la envolvente	17
SECCIÓN 2: CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO	18
HVAC1: Ventilación natural	18
HVAC2: Rendimiento energético de equipamiento de aire acondicionado	18
HVAC3: Economizadores de aire en condiciones favorables	20
HVAC4: Renovación de aire (control de la ventilación)	21
SECCIÓN 3: ENERGÍA DE ILUMINACIÓN Y ELÉCTRICA	22
LEP1: Densidad de Potencia de iluminación	22
LEP2: Controles de iluminación	24
SECCIÓN 4: SISTEMAS DE AGUA CALIENTE EFICACES	26
HW1: Sistemas de calentamiento de agua con energía solar (termas solares)	26
2.3 MEDIDAS DE EFICACIA EN EL USO DEL AGUA	27
SECCIÓN 5: ACCESORIOS DE BAJO CONSUMO DE AGUA	27
WR1: Sistema de descarga de inodoros	27
WR2: Orinales	27
WR3: Grifos de baño	27
WR4: Grifos de cocina	27
WR5: Cabezales de ducha	27
SECCIÓN 6: AGUAS GRISES	28
WW 1: Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises	28
Apéndice 1: Definiciones y acrónimos	29

Antecedentes

En 1987 La Comisión Bruntland definió la sostenibilidad como la capacidad de atender las necesidades actuales sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras. De este modo, la Construcción Sustentable incorpora elementos de eficiencia económica, desempeño ambiental y responsabilidad social y contribuye en mayor medida cuando considera la calidad arquitectónica, la innovación técnica y la transferencia de resultados.

La construcción es responsable del uso de más del 40% de los recursos naturales (agua y materiales), más de un 30% del consumo de energía y más de un 30 % de las emisiones de Gas Efecto Invernadero (GEI). La razón de esta huella ecológica tan considerable hay que buscarla en los impactos ambientales ligados al proceso de construcción:



Tabla 1. Proceso constructivo característico de los edificios.

Los Edificios Verdes o Sustentables son infraestructuras eficientes que generan impactos mínimos sobre el medioambiente, mediante un proceso de diseño integrado y decisiones adecuadas e innovadoras. Los Edificios Sostenibles contribuyen además a mejorar la productividad de los trabajadores y a potenciar el valor mercantil de las construcciones, suponiendo costes adicionales mínimos.

Estudios recientes han demostrado que los Edificios Sostenibles permiten mejoras importantes como:

- 13% de reducción de costes de mantenimiento.
- 26% de reducción de consumo energético.
- 27% de aumento del grado de satisfacción de los ocupantes.
- 33% menos de emisiones de CO₂.

Los aspectos típicos que caben dentro del espectro de edificaciones sostenibles incluyen:

- Eficiencia energética.
- Eficiencia en agua.
- Materiales de construcción de baja energía embebida.
- Calidad del ambiente interior.
- Sostenibilidad del emplazamiento.
- Edificaciones y entorno exterior.
- Sostenibilidad urbana.

Como estrategia de implantación de la presente Guía Técnica, se han incluido aquellos aspectos que generen el mayor impacto ambiental positivo, sean simples de implementar y objetivamente medibles. Por lo tanto, la Guía Técnica de Construcción Sustentable para La Paz se basa en dos aspectos: **Eficiencia energética y Eficacia del uso del agua.**



Introducción

La Guía de Construcción Sustentable para La Paz es un documento de referencia para el diseño de nuevas edificaciones eficientes en el consumo de agua y energía.

El **objetivo** de la Guía Técnica de Construcción es proporcionar una herramienta para la implementación de estrategias de construcción sostenible para ser aplicadas en el Municipio de La Paz. La guía pretende promover la eficiencia energética y la conservación del agua durante el uso de las edificaciones, estableciendo la proporción del consumo de agua y energía que se pretende disminuir mediante la implementación de medidas activas y pasivas en el diseño y uso de las edificaciones.

A continuación se definen los capítulos que formarán parte de la Guía Técnica:

CAPÍTULO 1: METODOLOGÍA

CAPÍTULO 2: RECOMENDACIONES PARA EL INSTRUMENTO NORMATIVO DE CONSTRUCCIÓN VERDE EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ, BOLIVIA

APLICABILIDAD

MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

MEDIDAS DE EFICACIA EN EL USO DEL AGUA

En el **Capítulo 1** se describe la metodología llevada a cabo para la realización del estudio, a partir de los parámetros y datos locales obtenidos y otros insumos de referencia como estudios similares realizados por el IFC en la región.

El **Capítulo 2** incluye una guía de recomendaciones para definir el Instrumento Normativo de Construcción Verde (Sustentable) en La Paz, Bolivia, abarcando el marco de aplicabilidad, teniendo en cuenta las diferentes tipologías edificatorias definidas en la línea base, así como las medidas seleccionadas de eficiencia energética y eficacia del uso del agua que permitan reducir su consumo en las construcciones nuevas y existentes, es decir, en el proceso de construcción de las nuevas y las medidas a tomar en las edificaciones que sean objeto de rehabilitación y/o remodelación.

Un equipo de asesores internacionales ha colaborado con expertos locales para recopilar datos técnicos sobre varios edificios de distinta antigüedad en La Paz, Bolivia. Basándose en estudios previos realizados por el IFC en otros países de América latina con climas similares al de La Paz, se ha seleccionado una serie de medidas de ahorro de energía y agua que permitirán rentabilizar el costo de agua y energía en el futuro en este Municipio.

Se han seleccionado de este modo las siguientes **medidas de ahorro de energía y agua**:

1. Reducción de la relación ventanas-muro.
2. Protección solar exterior de acristalamientos.
3. Reflectancia del techo.
4. Desempeño térmico de los componentes de la envolvente: Implementación de materiales no convencionales en los modelos de construcción.
5. Ventilación natural.
6. Rendimiento energético de equipamiento de calefacción y/o aire acondicionado.
7. Economizadores de aire en condiciones favorables.
8. Renovación de aire (control de la ventilación).
9. Densidad de Potencia de iluminación.
10. Controles de iluminación.
11. Sistemas de calentamiento de agua con energía solar (termas solares).
12. Accesorios de bajo consumo de agua.
13. Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises.



1. METODOLOGÍA

El consumo de agua y energía en las edificaciones está condicionado por el diseño arquitectónico y constructivo de la edificación y por los patrones de comportamiento de los usuarios. La Guía Técnica de Construcción Sustentable de La Paz tiene como objetivo ofrecer una herramienta a diseñadores y constructores en la selección de medidas para reducir el consumo de agua y energía, incidiendo en el diseño de la edificación y la ejecución de la obra, según el tipo de edificación y las condiciones climáticas locales.

La metodología parte de la identificación de las condiciones climáticas - temperatura y humedad relativa - características **del municipio de La Paz**. El clima es el factor más determinante en el consumo de agua y energía y su comprensión permite establecer condicionantes para el diseño con el fin de evitar una incidencia negativa de las condiciones ambientales en el confort del edificio.

De manera paralela se inicia la **definición de la línea base del estudio**, a partir de los datos locales de las distintas tipologías edificatorias. Esta Línea Base sirve como referencia del consumo actual de las edificaciones en La Paz. En la elaboración de la línea base se tienen en cuenta los sistemas constructivos comúnmente utilizados y los perfiles de uso (horario, ocupación, sistema de iluminación, sistema de aire acondicionado, etc.) característicos según el tipo de edificación.

Basándose en la experiencia previa y en estudios previos elaborados en otros países de América Latina por el IFC, incluyendo Perú y Colombia, el presente Informe recoge una serie de **medidas de ahorro energético y del consumo del agua** que se recomienda implementar en las edificaciones nuevas y existentes de La Paz, con el fin de que las medidas de eficiencia recomendadas sean adecuadas al mercado y las características específicas del Municipio.

Para finalizar el estudio, se realizará una mesa de trabajo de carácter divulgativo, en la que se expondrá la Guía Técnica Validada a diferentes expertos del sector con un carácter. En ella se analizará la factibilidad de la implementación de las medidas según el costo de implementación avalado por expertos en la materia.

1.1 El Clima en el Municipio de La Paz

El clima de la ciudad de La Paz es templado de alta montaña. El **promedio anual** de temperatura es de aproximadamente **14 °C**. La Paz tiene una **precipitación promedio anual de 575 mm**, siendo enero el mes más lluvioso del año. Las lluvias se concentran de manera estacional desde diciembre hasta abril. En promedio, el mes más cálido es noviembre mientras que el mes más frío es julio.

La temporada de primavera en La Paz registra una temperatura máxima promedio de 22 °C y una temperatura mínima promedio de 5 °C. En primavera el clima es húmedo y templado, más estable que en otras estaciones, en verano el clima es templado a caliente, por la noche y el amanecer se presentan lluvias, especialmente durante la transición de estaciones, de verano a otoño. El clima en otoño e invierno es frío y seco.

Según el clima del Municipio de La Paz en su área urbana, se deben implementar una serie de medidas para reducir el consumo de agua y energía en la edificación, sin un detrimento en las condiciones de confort de los ocupantes de las edificaciones.

A continuación se incluyen unas tablas con los datos climatológicos más relevantes, obtenidos del Anuario Estadístico del Municipio de La Paz 2015.



Tabla 2. Precipitación pluvial por mes, 2005 – 2014 (milímetros).
MUNICIPIO DE LA PAZ: TOTAL DE PRECIPITACIÓN PLUVIAL POR MES, 2005 - 2014 (p)*

MESES	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 (p)
Enero	112,0	171,5	140,5	172,1	74,9	107,8	69,5	140,3	93,5	111,9
Febrero	79,8	89,1	93,9	74,5	113,5	163,8	163,1	122,2	150,7	71,5
Marzo	36,8	84,6	54,2	80,1	39,2	31,4	51,7	64,5	41,2	50,9
Abril	16,2	10,3	54,6	5,1	37,2	3,9	0,7	28,2	20,4	22,8
Mayo	0,0	1,9	6,6	6,2	1,0	25,3	7,1	2,3	13,3	22,8
Junio	0,0	0,0	0,0	3,5	0,0	0,0	0,2	8,6	16,1	0,0
Julio	2,7	0,0	27,3	2,4	17,2	2,2	10,7	3,6	8,8	5,9
Agosto	0,8	18,7	0,0	3,2	2,2	5,2	0,4	0,6	20,3	9,5
Septiembre	37,9	7,9	47,0	7,0	34,9	11,0	27,4	1,5	4,5	39,6
Octubre	58,1	26,0	40,6	28,0	30,2	0,0	21,9	35,9	54,6	40,8
Noviembre	74,6	102,5	50,4	14,4	76,6	9,6	31,1	66,6	34,3	12,7
Diciembre	53,9	110,7	104,9	147,1	152,7	113,7	174,8	96,2	113,8	75,4

***(p) datos preliminares** Fuente Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

Nota: La información corresponde al observatorio de Laikakota.

Tabla 3. Humedad relativa y precipitación pluvial, 2000 – 2014 (milímetros).
MUNICIPIO DE LA PAZ: HUMEDAD RELATIVA Y PRECIPITACIÓN PLUVIAL, 2000 - 2014 (p)*

VARIABLE	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 (p)
Humedad Relativa (En porcentaje)	48%	53%	55%	46%	53%	46%	54%	58%	67%	52%	65%	67%	69%	71%	63%
Precipitación Pluvial (En milímetros)	488,7	660,2	747,3	585,3	526,9	472,8	623,2	620,0	543,6	579,6	473,9	558,6	570,5	571,5	463,8
Precipitación Pluvial (En días)	87	124	114	97	101	103	106	121	99	107	100	114	126	144	135

***(p) datos preliminares** en porcentaje, milímetros, días.

Fuente Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Nota: La información corresponde al observatorio de San Calixto.

Tabla 4. Temperatura ambiente según Estado, 2000 – 2014. En grados centígrados

MUNICIPIO DE LA PAZ: TEMPERATURA AMBIENTE SEGÚN ESTADO, 2000 - 2014 (p)															
(En grados centígrados) (p): Preliminar															
ESTADO DE SITUACIÓN	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014 (p)
Temperatura Ambiente Promedio	12,67	12,52	12,63	12,63	12,50	12,33	12,70	12,60	12,40	13,10	13,40	12,60	11,61	12,75	12,90
Máxima	16,50	16,60	16,80	19,61	17,20	17,60	17,40	17,20	17,30	17,80	18,30	17,30	17,20	17,32	17,50
Máxima Extrema	22,00	23,80	21,60	23,18	22,80	23,02	23,50	22,20	22,60	24,00	23,50	23,50	23,80	23,60	25,00
Mínima	5,00	5,20	5,30	5,60	5,40	5,60	5,80	5,80	5,30	5,80	6,10	5,80	5,50	5,69	5,90
Mínima Extrema	0,00	0,00	-1,00	3,02	0,00	0,00	0,60	0,00	0,80	1,20	1,40	1,00	0,80	0,80	0,00

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Nota: La información corresponde al observatorio de San Calixto.



Tabla 5. Dirección prevalente y velocidad media del viento, por mes, según estación. 2008 (p). En nudos.

ESTACIÓN	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Chuquisaca												
Sucre	N-3	N-3	N-3	N-4	N-4	N-7	N-6	N-8	N-9	NNE-8	N-8	N-6
La Paz												
La Paz	SE-7	SSE-4	ESE-4	ESE-10	SSE-4	SE-4	SE-3	SE-3	SE-5	SE-4	SE-4	SSE-4
El Alto	NE-7	NE-7	NE-7	NE-6	ESE-7	SE-7	SE-7	SE-6	SE-8	NE-8	NE-9	NE-7
Cochabamba												
Cochabamba	SE-4	ESE-4	ESE-3	ESE-4	ESE-3	ESE-2	ESE-2	ESE-4	NNE-5	ESE-5	ENE-6	NE-5
Oruro												
Oruro	NE-3	NE-4	NE-3	E-2	E-3	E-3	E-2	E-2	E-3	SSE-4	NE-5	NE-4
Potosí												
Potosí	NE-5	NNE-6	NNE-5	NNE-5	ESE-8	ESE-9	ESE-8	ESE-9	ESE-8	NNE-8	NNE-9	NE-7
Tarija												
Tarija	ENE-5	ENE-5	ENE-4	ENE-5	ENE-5	ENE-3	ENE-4	ENE-6	ENE-8	ENE-7	ENE-6	ENE-3
Bermejo	E-21	SSE-3	E-7	E-2	E-2	SSE-2	E-2	NE-3	E-3	E-4	E-3	E-2
Villamontes	E-2	E-2	SSE-2	E-3	E-3	E-2	E-5	E-5	E-5	E-7	SSE-6	E-3
Yacuiba	E-5	E-5	SSE-5	E-4	E-4	E-5	SSE-7	E-7	E-8	E-7	E-7	E-6
Santa Cruz												
Santa Cruz de la Sierra	SSE-11	SSE-10	ENE-8	ENE-12	SSE-14	E-12	SSE-12	SSE-13	SSE-13	SSE-13	SSE-13	SSE-10
Ascensión Guarayos	SSE-4	SSE-5	SSE-3	SSE-6	E-7	SSE-5	SSE-5	SSE-6	SSE-8	SSE-6	SSE-6	SSE-3
Camiñá	E-1	ENE-1	E-2	E-2	E-1	SSE-1	SSE-3	SSE-4	E-4	E-4	SSE-4	SSE-2
Concepción	SE-6	SSE-6	E-3	SSE-6	SSE-7	SSE-5	SSE-6	E-7	SSE-8	SSE-6	E-6	SE-4
Puerto Suárez	SSE-5	SSE-5	ESE-4	NE-7	NE-6	NE-5	NE-8	NE-7	NNE-7	NNE-6	NNE-3	E-5
Roboré	SSE-5	SSE-4	SSE-2	SSE-3	SSE-4	SSE-4	SSE-6	SSE-6	SSE-6	SSE-7	SSE-5	SSE-4
San Matías	SSE-2	SSE-3	SSE-2	SSE-3	ENE-4	ENE-3	SSE-2	SSE-4	ENE-4	SSE-5	SSE-3	SSE-3
Vallegrande	E-3	E-3	SSE-5	SSE-7	SSE-6	SSE-7	SSE-7	SSE-7	SSE-7	SSE-8	SSE-7	E-5
Beni												
Trinidad	SSE-5	SSE-6	ENE-3	SSE-5	SSE-6	ENE-5	SSE-5	ENE-7	SE-8	SSE-8	SE-9	SE-6
Guayaramerín	SSE-5	SSE-5	SSE-4	E-5	E-5	E-4	N-3	E-5	E-5	SSE-5	N-5	N-4
Magdalena	SE-4	SE-6	SE-3	ENE-4	ENE-4	NE-3	SE-3	SE-4	SE-5	SE-5	SE-5	SE-4
Riberalta	SSE-4	SSE-4	SSE-3	SSE-4	E-5	E-4	SSE-3	SSE-4	SSE-5	SSE-5	SSE-5	SSE-5
Rurrenabaque	SSE-1	SSE-3	SSE-1	SSE-2	NE-2	NE-2	SSE-2	SSE-4	SSE-4	SSE-3	SSE-4	SSE-2
San Borja	SSE-5	SSE-6	SSE-3	SSE-5	ENE-6	ENE-4	SSE-3	SSE-6	NE-7	SSE-7	SSE-5	SSE-3
San Joaquín	SE-4	SE-4	SE-3	ENE-4	ENE-5	ENE-4	SE-2	SE-5	SE-5	SE-6	SE-6	SE-4
San Ramón	SE-7	SE-6	SE-5	ENE-6	ENE-6	ENE-4	SE-4	SE-5	SE-5	SE-6	SE-6	SE-6
Pando												
Cobija	SSE-3	SSE-3	SSE-3	SSE-3	ENE-3	ENE-3	SSE-3	SSE-4	n.d.	SSE-4	SSE-4	SSE-3

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología.

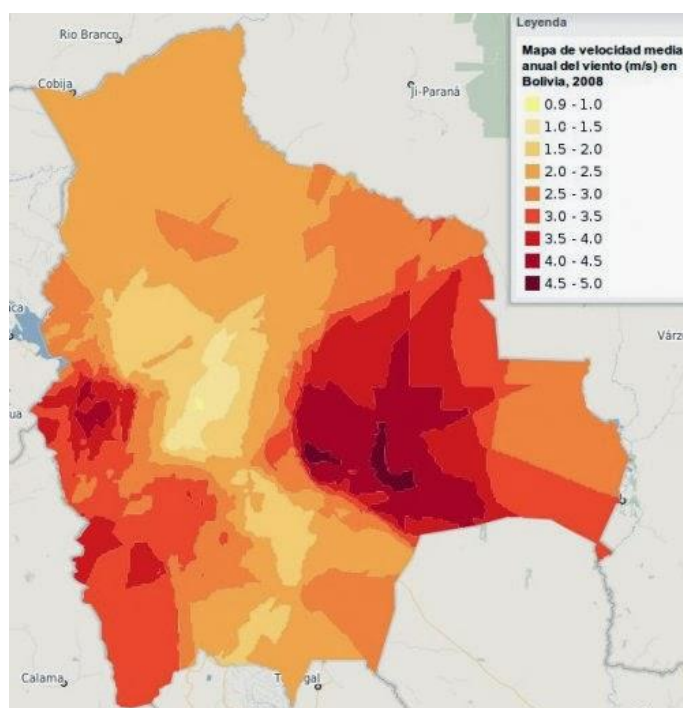


Figura 1. Mapa de velocidad media anual del viento (m/s) en Bolivia, 2008.


Tabla 6. Dirección y velocidad media de vientos en La Paz. En nudos. 1980 - 2006.

CIUDAD DE LA PAZ: DIRECCIÓN Y VELOCIDAD MEDIA DE VIENTOS (Nudos) 1980-2006												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1980	C-0	C-0	C-0	SW-3	SW-2	SW-2	SW-3	SW-3	S-4	WSW-2	WSW-2	SW-3
1981	SW-2	SW-3	SW-4	SW-2	C-0	C-0	C-0	E-2	E-3	SE-3	SE-3	E-5
1982	C-0	E-3	C-0	E-2	SW-5	SW-5	E-4	C-0	E-4	C-0	C-0	E-5
1983	C-0	E-4	E-7	C-0	C-0	SW-9	SW-11	E-9	NW-7	C-0	C-0	C-0
1984	C-0	C-0	C-0	C-0	NE-2	SW-2	NE-2	n.d.	NE-4	n.d.	n.d.	NW-2
1985	C-0	C-0	n.d.	C-0	C-0	SW-2	W-2	E-2	E-2	E-3	E-3	N-2
1986	E-2	C-0	E-3	E-2	W-2	W-2	E-2	E-2	C-0	E-2	E-2	C-0
1987	C-0	E-2	C-0	E-2	W-2	W-2	C-0	C-0	C-0	E-2	E-2	E-2
1988	E-2	SE-2	SE-2	SE-2	W-2	NW-2	SE-3	SE-3	SE-3	SE-4	SE-4	SE-3
1989	SE-5	SE-2	SE-3	SE-2	SE-2	NW-2	SE-3	SE-2	SE-3	NE-3	NE-3	SE-3
1990	SE-2	NE-3	SE-3	SE-2	NW-2	NW-2	SE-2	SE-3	SE-6	SE-5	SE-5	SE-5
1991	SE-4	SE-5	SE-4	SE-4	SE-4	NW-4	SE-3	SE-4	E-4	E-4	E-4	E-3
1992	C-0	SE-2	SE-3	SE-3	SE-3	SE-3	SE-2	NW-2	SE-4	SE-3	SE-3	SE-3
1993	C-0	E-3	SE-3	NW-2	SE-4	SE-2	SE-5	SE-4	SE-6	SE-5	SE-5	SE-5
1994	SE-5	SE-5	SE-6	SE-5	SE-4	SE-4	SE-3	SE-4	SE-5	SE-5	SE-5	SE-4
1995	SE-4	SE-4	SE-3	SE-5	SE-5	SE-6	SE-4	SE-5	SE-5	SE-6	SE-6	SE-6
1996	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-6	SE-6	SE-5	SE-4
1997	SE-5	SE-5	SE-4	SE-4	SE-5	W-6	SE-4	W-5	SE-5	SE-5	SE-4	SE-6
1998	SE-6	SE-5	SE-5	SE-4	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-6	SE-5	SE-6
1999	SE-6	SE-5	SE-4	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	SE-6	SE-5
2000	SE-6	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	W-5	SE-6	SSE-5	SE-7	SE-5	SSE-6	SE-5
2001	SE-4	SSE-5	SSE-4	SE-5	SE-5	SE-3	SSE-4	SE-5	SSE-5	SE-5	SSE-6	SE-5
2002	SE-5	SSE-4	SSE-5	SE-4	SSE-5	SSE-5	NW-6	W-5	SE-5	SE-5	SSE-5	SSE-4
2003	SSE-5	SSE-5	SE-7	SSE-5	SE-5	SE-5	SE-6	SE-5	SE-5	SE-5	SE-5	ESE-5
2004	SSE-5	SSE-5	SSE-6	SSE-5	WNW-6	SSE-6	SE-5	SE-5	NE-5	NE-7	NE-6	SSW-2
2005	NE-6	NE-4	E-5	NE-5	NE-5	NE-4	SE-5	SE-4	SE-5	E-3	NW-4	SE-5
2006	SE-4	SSE-4	SSE-4	SE-3	SE-2	SE-3	SE-4	ENE-3	SE-4	SE-4	SSE-3	ESE-4

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. Nota: Un nudo es igual a 18532 km/h.

En definitiva, el clima de La Paz pertenece a la clasificación del **clima templado con invierno seco** (verano suave). La clasificación del clima de La Paz según Köppen es **CWB** (*C= temperatura clima Templado; W= grado de aridez: lluvias medias anuales están entre un 0 % y un 50 %; B=comportamiento de las temperaturas: Templado. El verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año*).

El clima más similar al del municipio de La Paz, según los estudios previos realizados por el IFC en otros países de América latina es el **CLIMA MESOANDINO de Perú**, clasificado según Köppen como **DWB** (*D=Temperatura clima Continental; W= grado de aridez: lluvias medias anuales están entre un 0 % y un 50 %; B=comportamiento de las temperaturas: Templado. El verano es suave pues no se alcanzan los 22 °C de media en el mes más cálido. Las temperaturas medias superan los 10 °C al menos cuatro meses al año*).

A continuación se contrastan los datos del clima Mesoandino frente al clima templado del Valle de La Paz, siendo posible su asimilación teniendo en cuenta la similitud de los parámetros climatológicos, así como de la cercanía geográfica y similar altitud.

**Tabla 7. Cuadro comparativo clima mesoandino de Perú con clima del Valle de la Paz.**

Características climáticas	CLIMA MESOANDINO (PERÚ)	CLIMA DEL VALLE DE LA PAZ
Temperatura media anual	12°C	14°C
Temperatura media máxima anual	Entre 19 y 21°C	22°C
Temperatura media mínima anual	Entre 1 y 6°C	5°C
Humedad relativa media	30 a 50%	50 a 70%
Velocidad del viento	Norte 10 m/s Centro 7,5 m/s Sur 4m/s Sur- Este 7 m/s	Sur-Este 3,5-4 m/s
Dirección predominante del viento	S-SO-SE	SE-SSE
Radiación solar	2 a 7,5 KWh/m ²	5,4 a 5,7 KWh/m ²
Precipitación anual	700 mm	700 mm
Altitud	3000 a 4000 msnm	3000 a 4000 msnm
Equivalente en la clasificación KÖPPEN	DWB	CWB

Una vez analizada esta similitud entre características climáticas de ambas regiones, se establece como principal referencia técnica para contrastar con las condiciones locales de La Paz, el documento generado por el IFC para el programa de Construcción Sostenible en Perú, *Recomendaciones para el Código de Construcción Sostenible*, específicamente para el clima Mesoandino.

1.2 Definición de la línea base

La definición de la Línea Base parte de la recolección de datos técnicos de varias edificaciones correspondientes a distintas tipologías edificatorias por usos, definidas con la Municipalidad de La Paz. Esto es necesario para entender la práctica local y las tendencias actuales del sector de la construcción en los siguientes aspectos:

- Datos del clima de La Paz.
- Tipos de edificaciones y tendencias en tamaños.
- Especificaciones técnicas de las edificaciones (civil-arquitectónicas, eléctricas, mecánicas, etc.).
- Distribución de las edificaciones (tipo y tamaño) en el Municipio de La Paz.
- Tendencias en crecimiento de la construcción.
- Regulaciones actuales en energía y agua.
- Niveles actuales de despliegue de tecnología de construcción verde en edificaciones.
- Tendencias en consumo de energía y agua.

Se analizaron los siguientes edificios organizados por categorías tal y como se acordó con la Municipalidad:

Tabla 8. Listado edificios por tipologías de la línea base del Municipio de La Paz.

Nº	TIPOLOGÍA	SECTOR	EDIFICACIÓN
01	SALUD / HOSPITAL	PÚBLICO	HOSPITAL LOS PINOS
02		PRIVADO	SEGURO SOCIAL UNIVERSITARIO
03		PRIVADO	SEGURO DE LA BANCA PRIVADA
04	RESIDENCIAL*	PRIVADO	EDIFICIO ALAMEDA
05		PRIVADO	EDIFICIO ATLANTA
06		PRIVADO	CONDOMINIO CERRO GEMELO IY II
07		PRIVADO	HOTEL CASA GRANDE
08	OFICINAS	PÚBLICO	CENTRO DE COMUNICACIONES
09		PÚBLICO	EDIFICIO ARMANDO ESCÓBAR URÍA
10		PRIVADO	EDIFICIO TORRE MONTENEGRO
11	EDUCACIÓN SUPERIOR / UNIVERSIDAD	PÚBLICO	UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
12		PRIVADO	UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA
13	EDUCACIÓN / COLEGIO	PÚBLICO	UNIDAD EDUCATIVA HOLANDA
14		PRIVADO	COLEGIO LA SALLE
15		PRIVADO	COLEGIO SAN IGNACIO
16	COMERCIAL	PRIVADO	MEGA CENTER
17		PRIVADO	SHOPPING NORTE
18		PÚBLICO	CENTRO COMERCIAL CAMACHO

**A partir de los datos técnicos obtenidos y analizados en el Informe de datos, se considera necesario estudiar el uso hotel como un subapartado del uso residencial.*

Por otro lado, se ha involucrado a las empresas proveedoras de servicios básicos de electricidad y agua potable (DELAPAZ y EPSAS, respectivamente), a fin de obtener los datos sobre consumos de electricidad y agua de las edificaciones indicadas en el cuadro precedente, actividad que no pudo ser concluida (pendiente de recibir los datos de consumo eléctrico de todos los edificios y los datos de los consumos de agua de algunos edificios que fueron reemplazados en el transcurso del proyecto al no permitirse la colecta de datos técnicos por parte de las administraciones locales).



2. RECOMENDACIONES PARA EL INSTRUMENTO NORMATIVO DE CONSTRUCCIÓN VERDE EN EL MUNICIPIO DE LA PAZ, BOLIVIA

Las medidas de eficiencia son los métodos que se pueden llevar a cabo mientras se realiza el diseño y/o construcción de la edificación, los cuales ayudarán a mejorar el desempeño de la misma. Éstas se pueden clasificar en **Medidas de Eficiencia Energética y Medidas de Eficacia en el Uso de Agua**.

Atendiendo las condiciones climatológicas locales del Municipio de La Paz, sistemas constructivos tradicionales, así como estudios previos realizados en otros países de América Latina por el IFC, se seleccionan una serie de medidas adecuadas a las condiciones locales que propiciarán los mayores ahorros en energía y agua de las construcciones futuras y existentes.

Se ha considerado especialmente como base de este estudio las “Recomendaciones para el código de construcción sostenible de Perú”, por analogía del clima templado del Valle de La Paz con el clima Mesoandino de Perú, tal y como se ha analizado previamente en el estudio.

2.1 APLICABILIDAD: MATRIZ DE IMPLEMENTACIÓN

La presente guía se aplica a los tipos de edificios especificados en la siguiente Tabla, en consideración a la superficie del lote en que se emplazan:

Tabla 9: Aplicabilidad por tipologías

Tipología	Área útil interior edificación
Residencial	Todas
Educación / Colegios	500 m ²
Educación Superior / Universidades	500 m ²
Oficinas	500 m ²
Comercial	500 m ²
Salud / Hospitales	500 m ²

Se ha considerado una superficie interior de cada tipología mínima de 500 m² para poder abarcar un mayor número de edificaciones, teniendo en cuenta los tamaños de los edificios existentes adaptados a los condicionantes locales.

Asimismo, si el edificio se ventila de forma natural, los requisitos de climatización definidos en los apartados del HVAC (Heat Ventilation and Air Conditioning) no serán aplicables. Un edificio ventilado de forma natural es aquel que no dispone de aire acondicionado en ninguno de sus espacios.

La matriz de implementación que a continuación se muestra recoge la lista de las medidas recomendadas y su aplicación según las tipologías edificatorias que forman parte del estudio que será de aplicación para el Municipio de La Paz.



Tabla 10: Matriz de Implementación. Medidas de ahorro de agua y energía recomendadas y aplicabilidad para La Paz.

MEDIDAS	APLICABILIDAD EN FUNCIÓN DEL TIPO DE EDIFICIO					
	Residencial	Educación / Colegios	Educación Superior / Universidades)	Oficinas	Comercial	Salud / Hospitales
EFICIENCIA ENERGÉTICA						
Envolvente del edificio						
Reducción de la relación ventanas-muro.	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Protección solar exterior de los acristalamientos.	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Exento	Requerido
Reflectancia del techo.	Exento	Exento	Exento	Requerido	Requerido	Requerido
Desempeño térmico de los componentes de la envolvente.	Requerido	Exento	Exento	Requerido	Exento	Requerido
Calefacción, ventilación y aire acondicionado						
Ventilación natural.	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Rendimiento energético de equipamiento de aire acondicionado.	Exento	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Economizadores de aire en condiciones favorables.	Exento	Exento	Exento	Requerido	Requerido	Requerido
Renovación de aire (control de la ventilación).	Exento	Exento	Exento	Requerido	Requerido	Requerido
Energía de iluminación y eléctrica						
Densidad de Potencia de iluminación	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Controles de iluminación	Requerido (zonas comunes)	Exento	Exento	Requerido	Exento	Requerido
Sistema de agua caliente eficaz						
Sistemas de calentamiento de agua con energía solar (termas solares).	Requerido	Exento	Exento	Exento	Exento	Requerido
EFICACIA DEL USO DEL AGUA						
Accesorios de bajo consumo de agua						
Sistema de descarga de inodoros.	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Orinales	Exento	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Grifos de baño	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Grifos de cocina	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Cabezales de ducha	Requerido	Exento	Exento	Exento	Exento	Requerido
Reciclaje de Aguas grises						
Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises.	Exento*	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido

*Requerido para edificaciones con más de 50 unidades habitacionales.



2.2 MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA

SECCIÓN 1: ENVOLVENTE DEL EDIFICIO

La envolvente es el sistema que protege al edificio de la intemperie. Ésta se compone de las protecciones en todas las direcciones incluyendo el piso, que la protege del terreno en donde fue implantado el edificio. La envolvente se compone de muros (por encima y por debajo del nivel de piso), ventanas, techo y losa de cimentación (la cual puede estar bajo tierra).

Cada elemento de la envolvente se compone de una o más capas de material. La protección que ofrecen dichos elementos del intercambio no deseado de calor o humedad entre el interior y el exterior del edificio es variable. Ésta depende de las características de los materiales utilizados, de los métodos constructivos, radiación solar, velocidad del viento y la diferencia entre el ambiente exterior e interior en lo relativo a temperatura y humedad.

En edificios donde las condiciones de confort son controladas por medio de equipos electromecánicos, cuyo funcionamiento requiere un consumo de energía, la calidad de la envolvente juega un rol muy importante en la intensidad de consumo. Por esa razón, la Guía Técnica regula las características de la envolvente según la zona bioclimática. A continuación se enumeran los elementos propuestos para la Guía Técnica de Construcción Sustentable para La Paz

BE1: Reducción de la relación ventanas-muro

Las ventanas tienen un valor de conductividad térmica muy superior al de la mayoría de muros opacos. Esto significa que para un valor de superficie de envolvente dado, las ventanas tendrán una contribución mayor a la ganancia térmica del edificio cuando la temperatura exterior sea elevada. Por el contrario, en un día frío, las ventanas serán las que tengan mayor pérdida térmica. Por otro lado, los acristalamientos presentan un elevado intercambio térmico con el exterior por radiación.

Se requiere limitar el ratio de ventana en relación al muro para reducir así el valor de transmitancia global de la envolvente y el intercambio por radiación. Los valores máximos recomendados y la aplicabilidad por tipología atendiendo las condiciones climatológicas del Municipio de La Paz se encuentran en la siguiente tabla:

Aplicabilidad

Tabla 11: Aplicabilidad de relación ventanas-muro.

BE1: Relación ventanas-muro		
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD	RATIO
Residencial	Requerido	20%
Educación / Colegios	Requerido	30%
Educación Superior / Universidades	Requerido	30%
Oficinas	Requerido	40%
Comercial	Requerido	30%
Salud / Hospitales	Requerido	20%

Porcentajes ratios Fuente IFC.

Nota: En el caso de que la solución de ventanas incluya termopaneles, teniendo la solución constructiva más capacidad aislante, se revisarán los porcentajes anteriores con el responsable de diseño con el fin de lograr una

adecuada relación entre la proporción del acristalamiento y el Coeficiente de Ganancia Solar (SHGC por sus siglas en inglés)

BE2: Protección solar exterior de los acristalamientos

La protección solar (o sombreado) es una técnica pasiva que genera resultados efectivos para los meses de más calor. Al bloquear la radiación solar que ingresa al ambiente interior por medio de acristalamientos, se reduce una carga térmica importante, por lo que los sistemas de aire acondicionado trabajarán durante menos tiempo.

Nótese que los métodos de sombreado desde el interior (como las cortinas o persianas) no se recomiendan por sí solos, ya que la radiación que ingresa por el acristalamiento contribuye efectivamente a la carga térmica, aun cuando el usuario no la vea directamente.

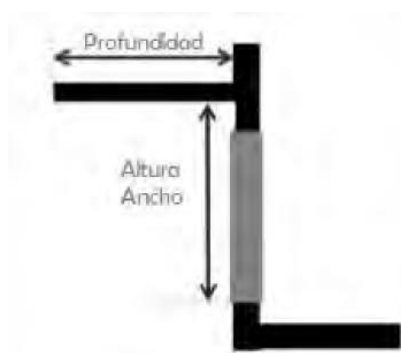


Figura 2. Relación Pr/Altura
Fuente: IFC

La adopción de prácticas de diseño bioclimático (orientación precisa de fachadas y elementos de la envolvente, por ejemplo) pueden contribuir a la reducción de cargas térmicas.

Cuando la instalación de protección solar externa o parasoles exteriores es requerida, éstos deben tener un ángulo de sombreado 0,3 (Profundidad/Altura o/y Profundidad/Ancho) y deberán ser instalados en todas las ventanas que reciban radiación. Pueden ser horizontales, verticales o combinados, según la orientación de las ventanas y el criterio del diseñador.

Estas protecciones deberán diseñarse con sistemas móviles o plegables que atiendan el caso de La Paz en los meses más fríos de invierno. Durante ellos, la captación de radiación solar será importante para su almacenamiento en horas de la noche, cuando se registran descensos bruscos de temperatura. Esto se tomará en cuenta en cada tipología edificatoria.

Aplicabilidad

Tabla 12: Aplicabilidad de protección solar exterior de los acristalamientos.

BE2: Protección solar exterior de los acristalamientos	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido
Educación / Colegios	Requerido
Educación Superior / Universidades	Requerido
Oficinas	Requerido
Comercial	Exento
Salud / Hospitales	Requerido


Notas:

- En el caso de que el responsable de diseño decida no instalar parasoles, entonces todos los acristalamientos deberán contar con un coeficiente de ganancia solar menor a 0,25.
- En caso de que exista una razón por la cual no sea necesario incluir protección solar en una condición específica, por ejemplo sombra generada por otros edificios o cálculos que demuestren que el edificio alcanzará la misma ganancia solar requerida, el responsable de diseño debe presentar justificación técnica.

BE3: Reflectancia del techo

El Municipio de La Paz se encuentra relativamente cerca del ecuador, enmarcado entre las latitudes 0° y aprox. 18°. Esto significa que la radiación incidente en el plano horizontal es muy alta. Los techos de edificios son entonces un componente que recibe una gran proporción de radiación.

Si el edificio no dispone de protección, absorbe dicha radiación, que calienta los espacios interiores. Por consiguiente, aumentar la reflectividad de la superficie de la cubierta es una medida excelente para reducir las demandas de refrigeración en edificios de una o dos plantas, donde el impacto de la superficie del techo es grande.

La reflectividad depende del tipo de material y del color de la superficie, y normalmente se conoce como reflectancia solar (SR, del inglés "Solar Reflectance"). Tiene un valor de entre 0 y 1, que hace referencia a la proporción de radiación reflejada o albedo con valores expresados en forma de porcentajes. Una SR de 0 significa que se absorbe totalmente y 1 significa que se refleja totalmente. Por lo tanto, los colores claros o materiales reflectantes tienen una SR elevada y los colores oscuros, una SR baja.

El índice de reflectancia solar (SRI) utilizado en el sector industrial por ejemplo, es una medida de la capacidad del techo para rechazar el calor solar y combina la reflectancia y la emisividad con valores entre 0 y 100.

La superficie de cubierta instalada deberá tener una SR de más de 0,70 si es plana o si tiene una pequeña inclinación (< 9°), que puede lograrse de varias maneras. La siguiente tabla muestra la SR de distintos materiales comúnmente utilizados en techos.

Tabla 13: Rendimiento solar de materiales de tejado

Material	SR- Reflectancia solar	SRI
Grava de asfalto negro	0,05	1
Caucho de etileno propileno dieno (EPDM) negro	0,06	-1
Baldosa de hormigón rojo	0,18	17
Grava de asfalto blanco	0,21	21
Caucho de etileno propileno dieno (EPDM) gris	0,23	21
Baldosa de hormigón sin pintar	0,25	25
Alquitrán blanco de superficie granular	0,26	28
Baldosa de arcilla roja	0,33	36
Poliéster blanco siliconizado sobre metal	0,59	69
Acero galvanizado sin pintar	0,61	37
Aluminio	0,61	50
Fluoruro de polivinilideno (PVDF) sobre metal blanco	0,67	80
Caucho de etileno propileno dieno (EPDM) blanco	0,69	84



Baldosa de hormigón blanco	0,73	90
Caucho sintético de polietileno clorosulfonado (CSPE)	0,76	95
T - EPDM*	0,81	102

Fuente: Laboratorio Nacional Lawrence Berkeley

La reflectividad de las superficies de tejado existentes se puede mejorar fácilmente a bajo costo mediante el uso de pinturas reflectantes o acabados de color claros.

Aplicabilidad

Tabla 14: Aplicabilidad de reflectancia del techo.

BE3: Reflectancia del techo	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Exento
Educación / Colegios	Exento
Educación Superior / Universidades	Exento
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido

Nota: No considerar esta medida en el caso de edificios en los que prime la necesidad de almacenamiento de calor frente a la de refrigeración, atendiendo a los meses fríos de invierno.

* El EPDM es un compuesto de caucho etileno-propileno-dieno-monomero que se utiliza para la impermeabilización de alto rendimiento de superficies sin necesidad de aplicar materiales de cobertura o protección adicional. La gran ventaja del EPDM sobre las telas asfálticas o cualquier producto derivado del plástico es que no requiere ningún tipo de mantenimiento o tratamiento especial. Por su flexibilidad, el EPDM es prácticamente adecuado para todo tipo de climas, soportando temperaturas de 40° c. bajo cero y hasta 120° c. La clase "T" significa precisamente que es apropiado tanto para temperaturas altas como bajas.

BE4: Desempeño térmico de los componentes de la envolvente

En un edificio, el calor se transmite por conducción a través del material que separa dos espacios distintos. Los componentes de la envolvente, por sus características complejas en cuanto a construcción y materiales, presentan un perfil de conductividad térmica único. La medida de la conductividad térmica es mejor conocida como el coeficiente de transferencia de calor (también conocido como valor U, en W/m²K). Un valor U menor tiende a limitar la transferencia de calor por conducción.

Aislamiento de techo

Mejorar el aislamiento térmico del tejado es una medida eficaz para reducir el intercambio no deseable de energía térmica (calor) entre el interior y el exterior de los edificios de una o dos plantas, donde el impacto de la superficie del tejado es importante.

Todos los tejados deben tener una transmitancia térmica o valor U de <0,5 W/m²K, que se puede lograr incorporando aislamiento en la estructura de la cubierta, como por ejemplo:

- 8 cm de poliestireno expandido (EPS) o lana mineral.
- 6 cm de poliestireno extruido (XPS).
- 5 cm de poliuretano (PUR) o poliisocianurato (PIR).
- O cualquier otro aislamiento o técnica constructiva que permita alcanzar el Valor U requerido con cálculos relevantes.

Aislamiento de muros

Del mismo modo, la transmitancia de los muros exteriores no debe ser superior a 0,48 W/m²K.

Valor U y baja emisividad de ventanas

Las ventanas deberán tener características que se estipulan en la siguiente tabla en lo relativo a la transmitancia máxima, el coeficiente de ganancia térmica solar y el coeficiente de transmisión de luz visible:

Tabla 15: Valor U y baja emisividad de ventanas.

	Transmitancia Máxima valor U (W/m ² K)	Coeficiente de ganancia térmica solar	Coeficiente de transmisión de luz visible
Acristalamientos	5,7	0,35	0,5

Aplicabilidad

Tabla 16: Aplicabilidad de desempeño térmico de los componentes de la envolvente

BE4: Desempeño térmico de los componentes de la envolvente	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Exento
Educación / Colegios	Exento
Educación Superior / Universidades	Exento
Oficinas	Requerido
Comercial	Exento
Salud / Hospitales	Requerido



SECCIÓN 2: (HVAC) CALEFACCIÓN, VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO

El confort y la calidad del aire interior dentro de los edificios se puede lograr por medios pasivos con un diseño bioclimático adecuado así como por medio de sistemas electromecánicos. Estos sistemas se agrupan en una gran categoría porque generalmente están interconectados. El acrónimo HVAC (que significa calefacción, ventilación y aire acondicionado por sus siglas en inglés), es la tecnología del confort ambiental interior. Dentro de esta categoría se regulan las siguientes medidas de eficiencia:

HVAC1: Ventilación natural

El uso de aire fresco de buena calidad inyectado directamente al espacio interior es la mejor forma de asegurar condiciones saludables y de confort en el edificio, cuando las condiciones climáticas así lo permitan.

La ventilación natural se puede fomentar de diversas maneras. Desde la simple disposición de ventanas operables hasta el diseño bioclimático sofisticado. El responsable del diseño debe usar las estrategias a su alcance para lograr la ventilación natural.

Para cumplir con una ventilación natural adecuada, una fracción igual a por lo menos un 5% del área de piso de cada espacio habitado en el edificio, se deberá especificar con ventanas operables. Dichas ventanas deben colocarse lo más separadamente posible con el fin de fomentar la ventilación cruzada.

Aplicabilidad

Tabla 17: Aplicabilidad de la ventilación natural.

HVAC2: Ventilación natural	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido
Educación / Colegios	Requerido
Educación Superior / Universidades	Requerido
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido

HVAC2: Rendimiento energético de equipamiento de aire acondicionado

El aire acondicionado puede representar más del 50% del costo total de electricidad en un edificio con aire acondicionado centralizado. Por tanto, la eficacia de un sistema de climatización es de vital importancia.

El corazón del sistema de climatización es el sistema de refrigeración (especialmente los refrigeradores en los edificios grandes) y, por tanto, es importante disponer de un sistema de refrigeración eficaz.

El equipo de refrigeración debe cumplir o superar los requisitos de eficacia mínimos, tal y como se indica en las siguientes tablas:


Tabla 18: Requisitos de eficacia mínimos para paquetes de refrigeración de agua.

Fuente: Tomado de ASHRAE 90.1-2010, modificado por IFC

Descripción	Capacidad	COP kW / kW	Entrada kW/TR	Procedimiento de prueba
Refrigerador por aire con condensador.	Todas las capacidades	2.8	1.25	ARI 550/590
Refrigerador por aire sin condensador.	Todas las capacidades	3.1	1.13	ARI 550/590
Desplazamiento positivo accionado eléctricamente enfriado por agua (alternativo).	Todas las capacidades	4.2	0.83	ARI 550/590
Desplazamiento positivo accionado eléctricamente, enfriado por agua (tornillo rotativo y de desplazamiento).	<150 TR	4.45	0.79	ARI 550/590
	≥150 TR y 300 TR	4.90	0.71	
	≥300 TR	5.5	0.64	
Accionado eléctricamente, enfriado por agua centrífugo.	<150 TR	5.0	0.70	ARI 550/590
	≥150 TR y 300 TR	5.55	0.63	
	≥300 TR	6.1	0.57	
Absorción enfriada por aire, simple efecto.	Todas las capacidades	0.60		ARI 560
Absorción enfriada por agua, simple efecto.	Todas las capacidades	0.70		ARI 560
Absorción enfriada por agua, Doble efecto (fuego indirecto).	Todas las capacidades	1.0		ARI 560

Tabla 19: Requisitos de eficacia mínimos para equipos de aire acondicionado refrigerados por aire.

Fuente: Tomado de ASHRAE 90.1-2010, modificado por IFC

Tipo de equipo	Salida del refrigerante	Coefficiente estacional de rendimiento (SCOP) kW / kW	Procedimiento de prueba
Aire acondicionado refrigerado por aire	<19kW	2.84	ARI 210/240
	219 kW y < 40 kW	3.16	ARI 340/360
	240 kW y < 70 kW	3.04	
	270 kW	2.72	
Aire acondicionado refrigerado por vapor	<19kW	3.35	ARI 210/240
	219 kW y < 40 kW	3.37	ARI 340/360
	240 kW y < 70 kW	3.22	
	270 kW	2.70	
Unidades de condensación enfriadas por aire	240 kW	2.96	ARI 365
Unidades de condensación enfriadas por agua o evaporación	240 kW	3.84	

Notas:

- Coeficiente de rendimiento: COP = Potencia refrigerante/potencia de entrada (kW/kW).

- TR: unidad de medida-toneladas de refrigeración.
- Unidad refrigerante, incluyendo el compresor y los serpentines de refrigeración.
- Los coeficientes de rendimiento mínimos que se muestran en la tabla 17 y se calculan al 100% de la potencia refrigerante.
- Los sistemas de volumen de refrigerante variable (VRV) y de flujo de refrigerante variable (VRF) caen bajo los requisitos de enfriadores refrigerados por aire o agua en función del sistema de refrigeración de su refrigerante.

Aplicabilidad**Tabla 20: Aplicabilidad del rendimiento energético de equipamiento de aire acondicionado.**

HVAC1: Rendimiento energético de equipamiento de aire acondicionado	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Exento
Educación / Colegios	Requerido*
Educación Superior / Universidades	Requerido
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido

**Revisar aplicabilidad por normativa aplicable a centros de enseñanza.*

HVAC3: Economizadores de aire en condiciones favorables

El economizador de aire es un sistema de control del uso del sistema de acondicionamiento del aire fresco que ingresa al sistema central de ventilación. Su funcionamiento consta en un control inteligente del uso del compresor. Cuando las condiciones del aire exterior son favorables, el economizador suspende al compresor y continúa inyectando aire fresco para cubrir la carga de enfriamiento del espacio acondicionado pero con menor consumo.

El economizador de aire debe tener sensores de entalpía total del aire exterior, de forma que la humedad relativa del aire fresco no sobrepase los niveles aceptables al interior. En la situación en la que la temperatura del aire exterior sea favorable (más baja que la del espacio interior que se pretende climatizar) pero que la entalpía sea mayor a la deseable, el compresor deberá continuar su funcionamiento para que pueda cumplir la función de deshumidificación. Es importante recalcar que los economizadores de aire son aplicables a todos los climas sin importar los niveles de humedad exterior.

Se requiere de los economizadores de aire para la modulación de por lo menos 70% del aire fresco total que se inyecta al edificio.

Aplicabilidad**Tabla 21: Aplicabilidad de economizadores de aire en condiciones favorables.**

HVAC3: Economizadores de aire en condiciones favorables	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Exento
Educación / Colegios	Exento



Educación Superior / Universidades	Exento
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido

Nota: El profesional encargado del diseño podrá analizar y decidir su inclusión según las características específicas del diseño. Si el diseñador tiene un motivo técnico para no utilizar economizadores de aire, deberá proporcionar una nota justificando su criterio.

HVAC4: Renovación de aire (control de la ventilación)

En presencia de ventilación y climatización electromecánica en el edificio, se requiere la instalación de dispositivos de ajuste eficiente de la cantidad de aire fresco que ingresa al sistema, evitando la toma de volúmenes constantes de aire fresco en donde no se requiera. El control por sensores de CO₂ permite ajustar a la baja la cantidad de aire fresco tomada del exterior cuando la demanda interior (dictada por el número de personas) disminuye.

Los lineamientos para ajustar los niveles de aire fresco para mantener niveles aceptables de calidad del aire interior están estipulados en el estándar ASHRAE 62.1. Se recomienda seguir dichos lineamientos.

Aplicabilidad

Tabla 22: Aplicabilidad de la renovación de aire (control de la ventilación).

HVAC4: Renovación de aire (control de la ventilación)	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Exento
Educación / Colegios	Exento
Educación Superior / Universidades	Exento
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido

SECCIÓN 3: ENERGÍA DE ILUMINACIÓN Y ELÉCTRICA

Esta sección trata de los aparatos de iluminación. Las medidas que se regulan son las siguientes:

- Densidad de potencia de iluminación – áreas internas y áreas comunes.
- Sensores de ocupación para áreas comunes.
- Sensores fotoeléctricos de iluminación natural.
- Material del recurso (luminiscencia - Led)

LEP1: Densidad de Potencia de iluminación

El establecimiento de límites máximos a la densidad de potencia de iluminación permite obtener resultados adecuados en lo relativo a niveles de iluminación al mismo tiempo que se reduce la demanda eléctrica para iluminación y se reduce la carga térmica sobre los equipos de aire acondicionado.

La densidad de potencia de iluminación (DPI) se define como el cociente entre la potencia eléctrica de las luminarias instaladas por unidad de área útil interior de la edificación. Por ejemplo, si se coloca una lámpara incandescente de 100 Watts en un espacio de 10 metros cuadrados de superficie, la DPI resultante es de 10 W/m².

EL responsable del diseño debe llevar a cabo el cálculo de la potencia total de los sistemas de iluminación proyectados, dividido por el área útil de la edificación (o de la zona en estudio según la tipología). Este cociente representa el DPI. El requisito de esta medida es que la edificación no supere los máximos de DPI de la Tabla 23. Este enfoque permite libertad en cuanto al uso de la tecnología de iluminación a condición que se respete el valor de DPI de niveles de iluminancia en lux. La siguiente tabla muestra los valores de DPI máximos requeridos para cada tipología:

Tabla 23: Niveles de densidad de potencia de iluminación recomendados según la tipología de edificio.

Tipología	DPI (W/m ²)	Notas
Residencial	8,00	--
Educación / Colegios	10,40	--
Educación / Universidades	8,80	--
Oficinas	8,80	--
Comercial	12,00	Excluyendo iluminación decorativa
Salud / Hospitales	10,40	--
Estacionamiento techado (dentro de la edificación)	3,00	--
Estacionamiento exterior	1,60	Al aire libre

En caso de existir usos mixtos en el edificio, cada sección deberá respetar los niveles máximos correspondientes a su uso respectivo. Ejemplo: edificio residencial con comercio en planta baja.

Iluminación de áreas internas

Los niveles de DPI de la tabla anterior (Tabla 23) se aplican a las tipologías de edificios estudiadas, en las áreas internas de la edificación, las cuales son todas aquellas en donde se tiene previsto que exista una ocupación regular aunque no constante. Ejemplos de ellas son las áreas habitables en tipología residencial, los cuartos de hospital, las oficinas cerradas, las aulas escolares y universitarias y las tiendas departamentales.

Tabla 24: Aplicabilidad de niveles de iluminación para las áreas internas.

Iluminación de áreas internas	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido
Educación / Colegios	Requerido
Educación Superior / Universidades	Requerido
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido

Iluminación de áreas comunes

Los niveles de DPI de la tabla anterior (Tabla 23) se aplican a las tipologías de edificios, en las áreas comunes de la edificación, las cuales son las áreas donde no hay una ocupación del espacio regular, como pueden ser las áreas de paso como corredores y pasillos, escaleras, etc.

Tabla 25: Aplicabilidad de niveles de iluminación para las áreas comunes.

Iluminación de áreas comunes	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido
Educación / Colegios	Requerido
Educación Superior / Universidades	Requerido
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido

Aplicabilidad**Tabla 26: Aplicabilidad de la densidad de potencia de iluminación.**

LEP1: Densidad de Potencia de iluminación	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido
Educación / Colegios	Requerido
Educación Superior / Universidades	Requerido
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido



LEP2: Controles de iluminación

Esta medida cubre varias opciones para controlar el uso de la iluminación artificial con el fin de evitar el consumo cuando no sea necesaria en un espacio.

Sensores de ocupación para áreas comunes

La iluminación artificial en áreas que tengan ocupación esporádica (como salas de reunión, pasillos, áreas de almacén, etc.) debe ser controlada con sensores de ocupación (con la excepción de áreas destinadas a evacuación de urgencia).

El responsable de diseño deberá realizar el cálculo de la localización de los sensores tomando en cuenta la superficie de la zona donde la iluminación debe ser controlada y las distancias de funcionamiento de los sensores que haya elegido, intentando siempre conseguir un diseño que involucre la mínima cantidad de sensores.

Dichos sensores de ocupación deberán tener un control ajustable de tiempo de funcionamiento y un indicador luminoso de activado.

Tabla 27: Aplicabilidad de los sensores de ocupación para áreas comunes.

Sensores de ocupación para áreas comunes	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido
Educación / Colegios	Exento
Educación Superior / Univ.	Exento
Oficinas	Requerido
Comercial	Exento
Salud / Hospitales	Exento

Sensores fotoeléctricos de iluminación natural

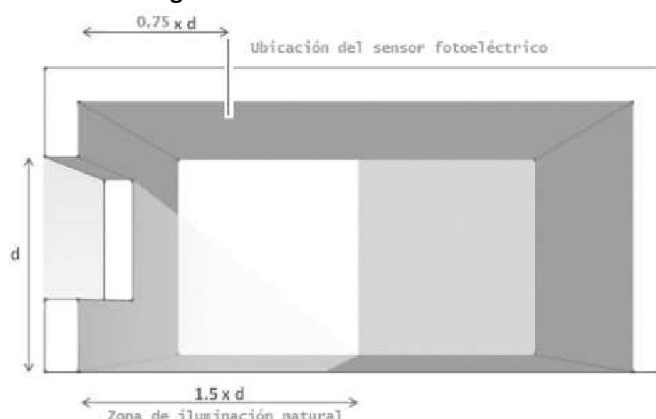
La función de los sensores fotoeléctricos es de controlar el encendido y apagado de luminarias cuya contribución no resulta necesaria durante el día por el aporte de la iluminación natural proveniente de un acristalamiento o tragaluz.

Estos sensores se instalan sobre luminarias adecuadas para soportar ciclos de encendido/apagado más frecuentes, como por ejemplo las lámparas de diodos emisores de luz (conocidas como LED) o las lámparas incandescentes. Estas últimas no deberán ser instaladas por su alto consumo energético.

Se requiere la instalación de estos controladores y las lámparas correspondientes en las áreas interiores que reciben suficiente iluminación natural. El nivel mínimo de iluminación en esas áreas deberá ser el que dicte la norma de aplicación. Por ejemplo, si el nivel de iluminación requerido en el espacio es de 300 lux, el controlador apagará el alumbrado artificial de la zona de iluminación natural al momento en que el nivel de iluminación natural sobrepase los 300 lux.

La zona de iluminación natural se define como el área de 5 metros de profundidad en paralelo a cualquier superficie acristalada o 1.5 veces la altura medida desde el piso hasta el borde superior del acristalamiento (denominada “d” en la Figura 3 mostrada abajo), cualquiera que sea la mayor.

Figura 3: Zona de iluminación natural.



Fuente: Traducción propia de la figura del manual de usuario del programa EDGE de IFC.

El sensor fotoeléctrico estará localizado a una distancia desde el acristalamiento equivalente a la mitad de la profundidad de la zona de iluminación natural (equivalente al mayor de los siguientes valores: 0,75 veces la distancia d , o bien 2,5 metros). Por otro lado, es requisito que el cableado eléctrico de las luminarias dentro de las zonas de iluminación natural sea independiente del resto del circuito alimentador.

Notas adicionales:

- Si se tiene previsto instalar sensores de ocupación en la zona de iluminación natural, este último tendrá preferencia con respecto al sensor fotoeléctrico.
- Zonas con requerimientos de iluminación especial estarán exentas de esta medida. El responsable de diseño deberá entonces justificar la excepción.

Tabla 28: Aplicabilidad de los sensores de ocupación para áreas comunes.

Sensores fotoeléctricos de iluminación natural	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Exento
Educación / Colegios	Exento
Educación Superior / Univ.	Exento
Oficinas	Requerido
Comercial	Exento
Salud / Hospitales	Requerido

Aplicabilidad

Tabla 29: Aplicabilidad de los Controles de iluminación.

LEP2: Controles de iluminación	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido (en zonas comunes)
Educación / Colegios	Exento
Educación Superior / Univ.	Exento
Oficinas	Requerido
Comercial	Exento
Salud / Hospitales	Requerido



SECCIÓN 4: SISTEMAS DE AGUA CALIENTE EFICACES

HW1: Sistemas de calentamiento de agua con energía solar (termas solares)

Con el fin de reducir la energía utilizada para calentar el agua, los edificios deben utilizar un sistema de calentadores solares para cubrir como mínimo el 50% de la demanda total de agua caliente sanitaria del edificio. El sistema de calentadores solares de agua caliente puede ser de chapa lisa o de tubos de vacío y debe diseñarse e instalarse con un sistema de reserva con caldera.

Los calentadores solares convierten la energía solar en energía térmica que calienta directamente el agua que circula por los paneles o mediante un circuito secundario basado en agua que transporte el calor.

En el caso que los calentadores solares no sean técnicamente viables para el proyecto, se debe entregar una nota justificativa.

Aplicabilidad

Tabla 30: Aplicabilidad de los Sistemas de calentamiento de agua con energía solar (termas solares).

HW1: Sistemas de calentamiento de agua con energía solar (termas solares)	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Requerido
Educación / Colegios	Exento
Educación Superior / Universidades	Exento
Oficinas	Exento
Comercial	Exento
Salud / Hospitales	Requerido



2.3 MEDIDAS DE EFICACIA EN EL USO DEL AGUA

El ahorro del agua es un aspecto importante en el diseño de los nuevos edificios, en especial ahora que los recursos de agua dulce se vacían a un ritmo superior al que se llenan.

SECCIÓN 5: ACCESORIOS DE BAJO CONSUMO DE AGUA

WR1: Sistema de descarga de inodoros

WR2: Orinales

WR3: Grifos de baño

WR4: Grifos de cocina

WR5: Cabezales de ducha

Entre los accesorios de ahorro de agua se incluyen grifos, cabezales de ducha y sistemas de descarga en inodoros que utilizan menos agua para realizar la misma función de limpieza que los modelos estándar. El uso de accesorios sanitarios eficientes, sensores, válvulas de autocontrol, aireadores, dispositivos de reducción de presión y control de flujo eficaces puede reducir el consumo de agua de forma significativa.

En todos los edificios deben utilizarse inodoros con un sistema de descarga doble. Estos accesorios permiten utilizar dos volúmenes de agua distintos en función de las necesidades del usuario. Si se pulsa el botón pequeño, se lleva a cabo una descarga media de la cisterna (3 litros), mientras que si se pulsan los dos botones a la vez, se realiza una descarga completa de 6 litros. Si no es viable la instalación de un sistema de descarga doble, se debe especificar un sistema de descarga único de bajo caudal de 4,8 litros por descarga.

El consumo de agua de los orinales de un edificio es bajo. Sin embargo, en ciertas tipologías de edificios, los orinales de bajo caudal pueden permitir ahorrar una buena cantidad de agua. El consumo de agua de los orinales se puede reducir en un 50% mediante el uso de tecnologías y accesorios de bajo caudal.

Hay muchas soluciones para reducir el consumo de agua en los grifos de baños, como controles de caudal, aireadores o anillos reductores. Cada marca tiene diferentes soluciones. Al igual que sucede con los grifos de baño, hay numerosas soluciones para reducir el consumo de agua en los grifos de cocina.

Cuando están presentes, las duchas representan un gran porcentaje del consumo de agua anual de un edificio. Por tanto, la instalación de cabezales de ducha de bajo caudal pueden ahorrar una cantidad de agua considerable. Además, la reducción en el consumo de agua implica un menor consumo de energía para calentar el agua utilizada. No deben superarse las siguientes tasas de caudal para los accesorios de agua en los edificios:

Tabla 31: Tasas de caudal de accesorios de bajo consumo de agua.

Accesorios de bajo consumo de agua	Tasa	Unidades
Inodoros	≤6/3 ó 4,8 (descarga única)	Litros/descarga
Orinales	≤1*	Litros/descarga
Grifos de baño	≤4,8	l/min a 417,7 kPa (60 PSi)
Grifos de cocina	≤4,8*	l/min a 417,7 kPa (60 PSi)
Cabezales de ducha	≤8	l/min a 551,6 kPa (80 PSi)

*Se han considerado para los valores de orinales y grifos de cocina utilizando de referencia el código de Perú.

Aplicabilidad**Tabla 32: Aplicabilidad de accesorios de bajo consumo de agua.**

MEDIDAS	APLICABILIDAD EN FUNCIÓN DEL TIPO DE EDIFICIO					
	Residencial	Educación / Colegios	Educación Superior / Universidades)	Oficinas	Comercial	Salud / Hospitales
Sistema de descarga de inodoros.	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Orinales	Exento	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Grifos de baño	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Grifos de cocina	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido	Requerido
Cabezales de ducha	Requerido	Exento	Exento	Exento	Exento	Requerido

SECCIÓN 6: RECICLAJE DE AGUAS GRISES**WW 1: Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises**

El agua potable no es necesaria para todos los accesorios. Por lo tanto, la sustitución de agua potable reciclada por aguas grises de los lavamanos y duchas es una buena manera de reducir el consumo de agua potable de los edificios. Esto conlleva la duplicación de las tuberías de agua y la instalación de una bomba y un depósito de agua en función de las necesidades del edificio.

Las aguas grises recicladas se deben utilizar para las descargas de los inodoros, las zonas ajardinadas o los enfriadores de agua siempre que sea posible. La salud y seguridad del sistema debe cumplir los requisitos de códigos locales e internacionales. En caso de que difieran, el sistema deberá cumplir con el más estricto.

Aplicabilidad**Tabla 33: Aplicabilidad del Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises.**

WW 1: Sistema de tratamiento y reciclaje de aguas grises	
TIPOLOGÍAS	APLICABILIDAD
Residencial	Exento
Educación / Colegios	Requerido
Educación Superior / Universidades	Requerido
Oficinas	Requerido
Comercial	Requerido
Salud / Hospitales	Requerido



Apéndice 1: Definiciones y acrónimos

ACS	Agua caliente sanitaria
AHU	Unidades manejadoras de aire
CFL	Lámpara fluorescente compacta
COP	Coeficiente de rendimiento
EPS	Poliestireno expandido
EPDM	Etileno-Propileno-Dieno-Monómero
HVAC	Calefacción, ventilación y aire acondicionado
IFC	Corporación Financiera Internacional, miembro del Grupo del Banco Mundial
LED	Diodo emisor de luz
LPD	Densidad de potencia de iluminación
SR	Reflectancia Solar
VRF	Flujo de refrigerante variable
WC	Inodoros
WWR	Relación ventanas-muro