



Universidad de Navarra

**MÁSTER EN DISEÑO Y GESTIÓN AMBIENTAL DE EDIFICIOS**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER:**

**MANUAL DE DISEÑO DE ENVOLVENTES DE EDIFICIOS DE GRAN ALTURA: una**

**Arquitectura Regenerativa en Lima.**

ESCUELA DE ARQUITECTURA

CURSO 2019-2020

**Alumno:**

Esteban Zupan Arispe

**Pamplona, 29 Junio 2020**

# ÍNDICE

RESÚMEN .....	4
AGRADECIMIENTOS .....	5
1. INTRODUCCIÓN .....	6
1.1. Exposición del Problema.....	6
1.2. Objetivo.....	7
1.2.1. Objetivo Principal.....	7
1.2.2. Objetivos Secundarios.....	7
1.3. Metodología .....	8
2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1 Estado del Arte .....	9
2.1.1. Principales problemas Ambientales en Lima.....	9
2.1.2. Análisis Climático de Lima .....	25
2.1.3. Análisis de la Normativa existente .....	36
3. DISEÑO .....	47
3.1 Evaluación .....	47
3.1.1. Exergía.....	47
3.1.2. Metodología .....	47
3.2 Optimización.....	49
3.2.1. Confort Térmico .....	49
3.2.2. Iluminación Natural .....	57
3.2.3. Ventilación Natural .....	61
3.2.4. Acústica.....	67
4. MEDIDAS ADICIONALES.....	77
4.1 Implementación de Renovables.....	77
4.1.1 Paneles Fotovoltaicos en Fachada .....	77
4.1.2 Evaluación.....	78
4.2 Fachadas Verdes.....	78

4.2.1 Bienestar .....	79
4.2.2 Estética .....	79
4.2.3 Reducción en Contaminantes .....	79
4.2.4 Prestaciones Acústicas .....	81
4.2.5 Mitigación efecto Isla de Calor .....	81
5. DISCUSIÓN .....	83
5.1. Lineamientos .....	83
5.2. Limitaciones.....	84
5.3. Futuras Investigaciones.....	84
6. CONCLUSIONES.....	85
6.1 Fachadas Óptimas según orientación. ....	85
6.1.1. Fachada Óptima Orientación Norte.....	85
6.1.2. Fachada Óptima Orientación Sur.....	86
6.1.3. Fachada Óptima Orientación Este .....	86
6.1.4. Fachada Óptima Orientación Oeste.....	88
6.2 Conclusiones en el Diseño Pasivo.....	89
6.2.1. Confort Térmico .....	89
6.2.2. Iluminación Natural .....	91
6.2.3. Ventilación Natural.....	91
6.2.4. Acústica.....	91
6.3 Análisis de Sensibilidad .....	92
7. BIBLIOGRAFÍA: .....	93
8. ANEXOS: .....	101
ANEXO 1: UF. RESIDENCIAS .....	101
ANEXO 2.1: UF. OFICINAS .....	102
ANEXO 2.2: UF. OFICINAS .....	103

# RESÚMEN

El objetivo del estudio es determinar los lineamientos del diseño de envolventes en edificios de Altura en Lima. Se consideran estrategias de Diseño Pasivo en términos de selección de Tipo Acristalamiento, Aislamiento, Protección Solar, Ventilación Natural, Iluminación Natural y Acústica; y la evaluación de Paneles Fotovoltaicos y el uso de Envolventes Verdes.

La metodología empleada es la evaluación de dos unidades funcionales, una para edificios de oficinas y otra para residenciales cuyas características y dimensiones son las habituales en la localidad; se realizaron simulaciones en programas de computadora, DesignBuilder, comparando las medidas mencionadas a fin de identificar las más eficientes.

Los resultados obtenidos indican que las medidas más efectivas son un diseño de Protección Solar Adecuado y la Implementación de Ventilación Natural, logrando, en conjunto, hasta una reducción del 43.4% en demanda de refrigeración en Edificios de Oficinas, y en un 68% en Edificios Residenciales.

**PALABRAS CLAVE:** diseño pasivo; building energy models (BEMs); simulación energética; ventilación natural, iluminación natural, nZEB, zero-energy high-rise.

# AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud, en primer lugar, hacia los profesores de la Escuela, a Ana Sánchez-Ostiz, y a Carlos Fernández Bandera por su apoyo y por su asesoramiento. Quisiera agradecer también a mis compañeros del Máster, que procedentes de nacionalidades tan distintas, estamos unidos por un bien común: la mitigación del cambio Climático. Finalmente quisiera agradecer a mis padres y a mi familia por el apoyo durante el año de estudio.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Exposición del Problema

Lima ha sido el resultado de un boom demográfico gracias al progresivo desarrollo comercial e industrial de la ciudad iniciado desde mediados del Siglo XX<sup>1</sup>, siendo hoy en día la ciudad más poblada del Perú concentrando a 9,174,855 pobladores (censo 2017).<sup>2</sup> En Lima, y como lo serán otras ciudades importantes en el Perú, el desarrollo inmobiliario ha seguido la tendencia hacia la densificación de las zonas céntricas de la ciudad; sin embargo, las técnicas constructivas acostumbradas y el desarrollo normativo y legislativo en términos de eficiencia energética no se han dado a la par, dando como resultado construcciones de bajo rendimiento y un elevado consumo energético en edificaciones. Desde 2016 han surgido una serie de incentivos de carácter voluntario hacia la construcción Sostenible en Lima y el Perú promovidos por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, y Municipalidades, como, por ejemplo: el Bono mi Vivienda Verde (Un beneficio dado en la modalidad de del Crédito Mivivienda que otorga un bono entre el 3-4% que se descuenta al valor de financiamiento para la adquisición de una vivienda sostenible o proyecto certificado<sup>3</sup>), la Bonificación de altura por construcción sostenible (Un incentivo que permite la construcción de mayor altura para edificaciones sostenibles que estén de acuerdo a una certificación de estándares internacionales de edificación sostenible<sup>4</sup>), entre otros. Sin embargo, una normativa poco específica en términos de cuantificación energética ha dejado que el mercado sea el que dictamine la orientación del desarrollo de la sostenibilidad; el mercado, muchas veces más motivado por rentabilizar los desarrollos inmobiliarios que en mitigar impactos ambientales.

---

<sup>1</sup> García R., Miyashiro J., Santa Cruz P., Rubio D., Marces R., (2015): Desarrollo o crecimiento urbano en Lima:

el caso de los distritos del Sur [online]. Disponible en < <http://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/PERU-HOY/PH-2015.pdf> > [01 Mayo 2020]

<sup>2</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2017): *Provincia de Lima Compendio estadístico 2017*. Lima, INEI

<sup>3</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020): *Nuevo Crédito Mivivienda Mivivienda VERDE* [online]. Disponible en < <https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/usuario-busca-viviendas/buscador-home.aspx?op=ncmv> > [01 Mayo 2020]

<sup>4</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016): *Decreto Supremo que Aprueba el Reglamento de Acondicionamiento y Desarrollo Urbano Sostenible*, Lima, Normas Legales-El Peruano.

Bajo este contexto, se evidencia la falta de un lineamiento claro por parte de los diseñadores y arquitectos limeños a la hora de abordar un proyecto desde el punto de vista de la sostenibilidad; surge así, la necesidad de un manual de diseño como guía para abordar temas de eficiencia energética. El siguiente documento se centra en la optimización en el diseño de envolventes de Edificios de altura en la capital peruana.

La ingeniería en fachadas cobra mayor relevancia cada día en la industria. Las fachadas son uno de los elementos más relevantes en el diseño, un diseño bien logrado reducirá considerablemente los consumos de energía y prolongará la vida útil de la edificación. Además, tiene la función de proveer a los ocupantes de un espacio interior confortable ya que debe tomar en consideración otros aspectos externos como iluminación y niveles de ruido exteriores.<sup>5</sup>

## **1.2. Objetivo**

### **1.2.1. Objetivo Principal**

Fundar una herramienta conteniendo los lineamientos en el diseño de envolventes en edificios sostenibles de Altura en Lima con el objetivo.

de Optimizar el Consumo Energético, Brindar las mayores condiciones de confort a sus Ocupantes, y de crear las oportunidades de desarrollar una Arquitectura Regenerativa que aporte a la ciudad, en términos de Energía, Agua y Área Verde.

### **1.2.2. Objetivos Secundarios**

- Optimizar el Consumo energético dentro de la edificación, determinar las características óptimas de la envolvente en términos de Aislamiento, Orientación, Ventilación Natural, Iluminación natural, etc.
- Determinar cuáles son las estrategias que permitan las condiciones óptimas de confort al interior de la edificación. Confort Térmico, Confort Acústico, Iluminación, etc.

---

<sup>5</sup> GBE: Green Building Elements (2014): *The Importance of Façade Engineering* [online]. Disponible en < <https://greenbuildingelements.com/2014/03/25/guest-post-importance-facade-engineering/> > [01 Mayo 2020].

- A través de la envolvente, identificar las oportunidades para fundar una Arquitectura Regenerativa con aportaciones hacia la ciudad; revertir los impactos negativos de la edificación en contribuciones positivas.

### **1.3. Metodología**

El punto de partida de la presente tesis está relacionado con el enfoque de la investigación hacia el diseño, considerando la relación sobre literatura sobre estándares constructivos y Certificaciones Energéticas (Certificación WELL, Certificación LEED) y prácticas constructivas existentes de fachadas. Se analizarán los inputs en el diseño de la envolvente: el Contexto en Lima (Clima de Lima, Principales Problemas Ambientales de Lima, Análisis de la normativa, e identificación del mínimo Normativo. Estudio de Tipologías de Edificaciones en Lima).

Luego, se elaborará una evaluación de desempeño, es decir simular las estrategias que influyen en el consumo energético: Confort Térmico, Iluminación Natural, Ventilación Natural, Acústica. Para confirmar el nivel de validez, se evaluarán cada estrategia a través de un análisis de sensibilidad.

Finalmente, se seleccionarán las soluciones de diseño que presenten características más óptimas en función a los términos de evaluación mencionados anteriormente.



## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Estado del Arte

#### 2.1.1. Principales problemas Ambientales en Lima

Si bien, en el Perú, la intensidad y contribución a las emisiones de gases de efecto invernadero son bajas como consecuencia de la disponibilidad de energía hidroeléctrica y gas natural, las emisiones por la deforestación y el cambio de uso de suelo son considerables. Los procesos de urbanización sucedidos en Lima-Callao evidencian las necesidades pendientes asociadas a la provisión de agua potable y saneamiento, la contaminación atmosférica, el transporte urbano, el tratamiento y disposición de residuos.<sup>6</sup>

##### 2.1.1.1. CALIDAD DEL AIRE

Según el portal web de IQAir, Lima está ubicada en puesto 25, y entre las primeras ciudades de la región, con la mayor polución de aire y peor calidad de Aire.<sup>7</sup> Los principales contaminantes del aire de Lima es el material particulado, PM10 (partículas sólidas o líquidas en polvo cuyo diámetro es menor que 10µm, comúnmente formada por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros y material orgánico con partículas de carbono) y PM2.5 (partículas cuyo diámetro es inferior a 2.5µm, incluyen todo tipo de combustiones incluidas los vehículos automóviles, plantas de energía, entre otros) y las principales causas de los contaminantes se deben a las Emisiones Vehiculares.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/ Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), (2017): *Evaluaciones del desempeño ambiental*. Perú, Santiago, Naciones Unidas/OCDE.

<sup>7</sup> IQAIR, (2020): *Air quality and pollution city ranking* [online]. Disponible en < <https://www.iqair.com/world-air-quality-ranking>>. [05 Mayo 2020]

<sup>8</sup> Ministerio de Salud (2011): *Estudio de Saturación Lima Metropolitana y Callao Año 2011*. [online]. Disponible en <[http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/Estudio%20de%20Saturacion%202012.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/Estudio%20de%20Saturacion%202012.pdf)>. [05 Mayo 2020]

Algunas zonas de Lima superan los niveles de PM10 y PM2.5 establecidos por el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire (ECA), poniendo potencialmente en riesgo la salud de los habitantes.<sup>9</sup>

#### Estándares de Calidad Ambiental para Aire

Parámetros	Periodo	Valor [µg/m³]	Criterios de evaluación	Método de análisis <sup>[1]</sup>
Benceno (C <sub>6</sub> H <sub>6</sub> )	Anual	2	Media aritmética anual	Cromatografía de gases
Dióxido de Azufre (SO <sub>2</sub> )	24 horas	250	NE más de 7 veces al año	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)
Dióxido de Nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	1 hora	200	NE más de 24 veces al año	Quimioluminiscencia (Método automático)
	Anual	100	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras (PM <sub>2,5</sub> )	24 horas	50	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	25	Media aritmética anual	
Material Particulado con diámetro menor a 10 micras (PM <sub>10</sub> )	24 horas	100	NE más de 7 veces al año	Separación inercial/filtración (Gravimetría)
	Anual	50	Media aritmética anual	
Mercurio Gaseoso Total (Hg) <sup>[2]</sup>	24 horas	2	No exceder	Espectrometría de absorción atómica de vapor frío (CVAAS) o Espectrometría de fluorescencia atómica de vapor frío (CVAFS) o Espectrometría de absorción atómica Zeeman. (Métodos automáticos)
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora	30000	NE más de 1 vez al año	Infrarrojo no dispersivo (NDIR) (Método automático)
	8 horas	10000	Media aritmética móvil	
Ozono (O <sub>3</sub> )	8 horas	100	Máxima media diaria NE más de 24 veces al año	Fotometría de absorción ultravioleta (Método automático)
Plomo (Pb) en PM <sub>10</sub>	Mensual	1,5	NE más de 4 veces al año	Método para PM <sub>10</sub> (Espectrofotometría de absorción atómica)
	Anual	0,5	Media aritmética de los valores mensuales	
Sulfuro de Hidrógeno (H <sub>2</sub> S)	24 horas	150	Media aritmética	Fluorescencia ultravioleta (Método automático)

Figura 1 Ministerio del Ambiente (2017): Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire, Lima, Normas Legales-El Peruano.

<sup>9</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019*. Lima, INEI

**PROMEDIO MENSUAL DE PARTÍCULAS EN EL AIRE**

<b>PROMEDIO MENSUAL DE PARTÍCULAS EN EL AIRE SEGÚN ZONA</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>PM 2.5</b>								
Lima Norte 1/ (Comas)	34.55	58.21	34.14	46.31	40.23	27.94	24.45	
Lima Sur 2/ (San Juan de Miraflores)	32.91	28.92	33.66	23.03	33.89	34.54	28.97	19.46
Lima Este 3/ (El Agustino)	35.18	35.52	48.62	44.97	34.47	30.14	30.1	28.64
<b>PM 10</b>								
Lima Norte 1/ (Comas)	82.64	94.64	52.07	96.3	86	90.65	90.17	82.39
Lima Sur 2/ (San Juan de Miraflores)	78.73	65	31.2	28.98	51.8	74.1	78.99	88.73
Lima Este 3/ (El Agustino)	73.82	43.29	89.01	53.06	51.69	46.1	64.11	61.72

1/ Estación de Monitoreo: 2009-2016 Av. Guillermo de la Fuente cuadra 3, Comas. A partir de 2016, Centro Materno Infantil Laura Rodríguez.

2/ Estación de Monitoreo: Hospital María Auxiliadora, Av. Miguel Iglesias 968, San Juan de Miraflores.

3/ Estación de Monitoreo: Hospital Hipólito Unanue, Av. César Vallejo Cuadra 13, El Agustino.

*Figura 2: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019. Lima, INEI*

Los distritos más afectados se ubican en las zonas Norte y Este de Lima; y entre los más afectados están Puente Piedra y Ate.<sup>10</sup> Los Niveles de PM 10 superan a los establecidos por el ECA tanto los admitidos por un periodo de 24 horas más de 7 veces al año, y los admitidos según la Media Aritmética Anual. Los Niveles de PM2.5 son superados a los admitidos según la media Aritmética Anual.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2018): *Estadísticas Ambientales – Febrero 2018*, Lima, Informe Técnico N°3 Marzo 2018.

<sup>11</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019*. Lima, INEI

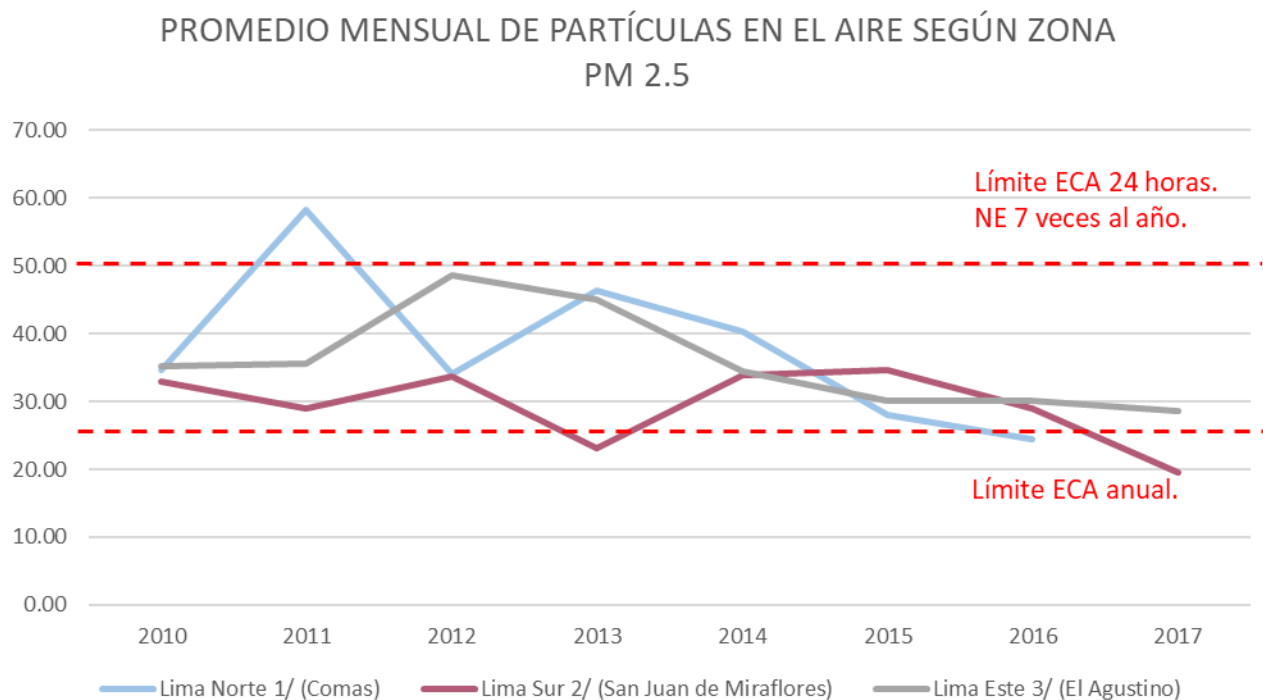
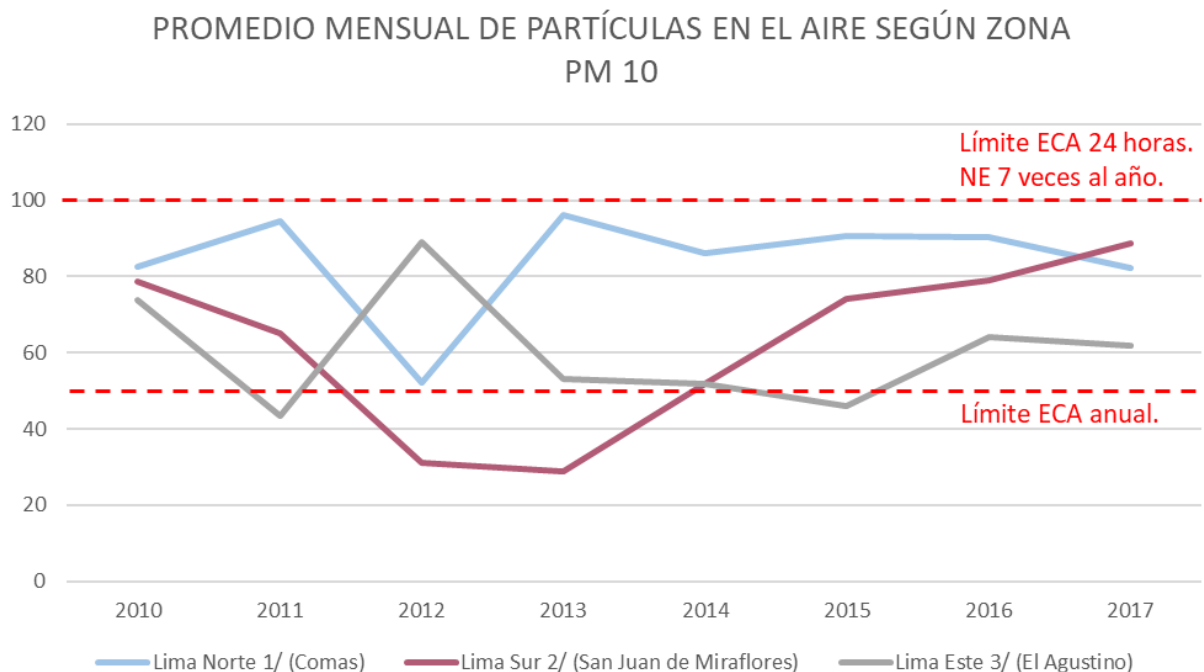
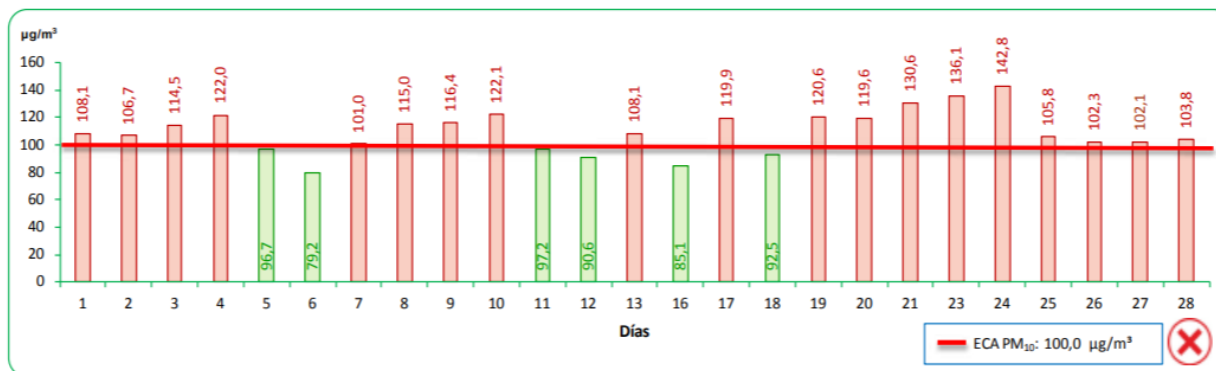


Figura 3: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019. Lima, INEI

## MEDICIONES DE CONCENTRACIÓN DE PM<sub>10</sub> EN DISTRITOS MÁS AFECTADOS DE LIMA FEBRERO 2018:

LIMA METROPOLITANA: CONCENTRACIÓN DIARIA DE MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM<sub>10</sub>), EN LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PUENTE PIEDRA – FEBRERO 2018



µg/m³: Microgramo por metro cúbico.

ECA: 100,0 µg/m³

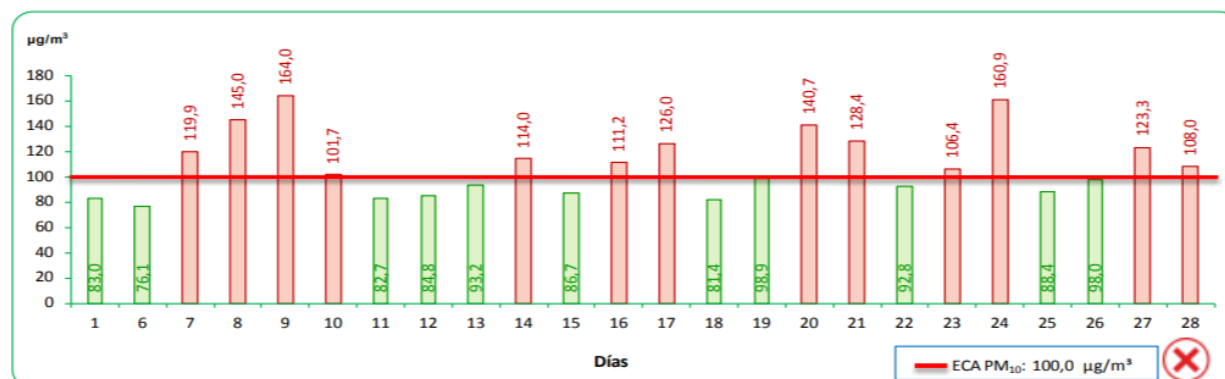
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

La estación de medición de Puente Piedra, registró altas concentraciones del PM<sub>10</sub>. Se superó el ECA en 19 días de los 25 días monitoreados.

En el mes de febrero de 2018 las concentraciones diarias del material particulado oscilan de 79,2 ug/m³ a 142,8 ug/m³, siendo esta última el máximo valor que se registró el día 24 del presente mes de análisis.

LIMA METROPOLITANA: CONCENTRACIÓN DIARIA DE MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 10 MICRAS (PM<sub>10</sub>), EN LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE ATE - FEBRERO 2018



µg/m³: Microgramo por metro cúbico.

ECA: 100,0 µg/m³

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e Informática.

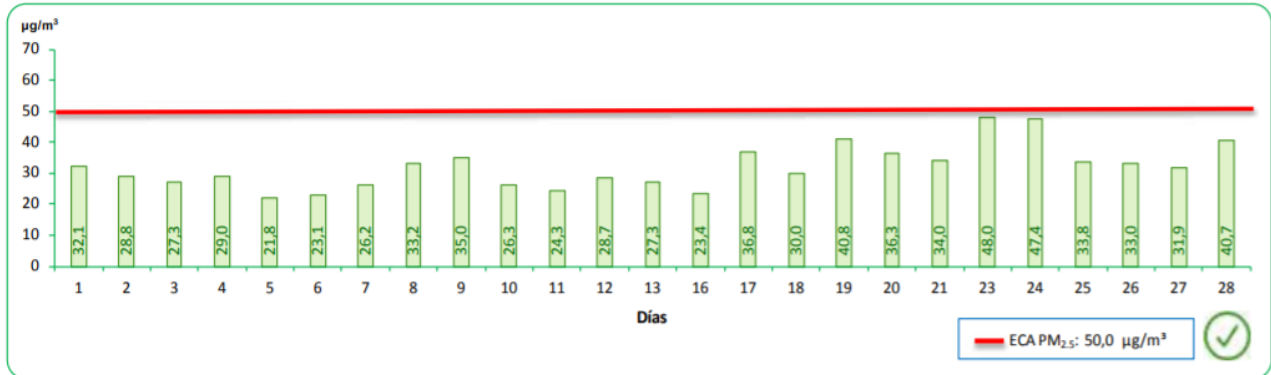
La estación de medición de Ate, registró concentraciones máximas del PM<sub>10</sub>. Se superó el ECA en 13 días de los 24 días monitoreados.

En el mes de febrero de 2018 las concentraciones diarias del material particulado oscilan de 76,1 ug/m³ (6 de febrero) a 164,0 ug/m³ (9 de febrero), siendo esta última el máximo valor registrado en el mes de análisis.

Figura 4: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2018): Estadísticas Ambientales – Febrero 2018, Lima, Informe Técnico N°3 Marzo 2018.

## MEDICIONES DE CONCENTRACIÓN DE PM<sub>2.5</sub> EN DISTRITOS MÁS AFECTADOS DE LIMA FEBRERO 2018:

LIMA METROPOLITANA: CONCENTRACIÓN DIARIA DEL MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2,5 MICRAS (PM<sub>2.5</sub>), EN LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE PUENTE PIEDRA - FEBRERO 2018



µg/m³: Microgramo por metro cúbico.

ECA: 50,0 µg/m³

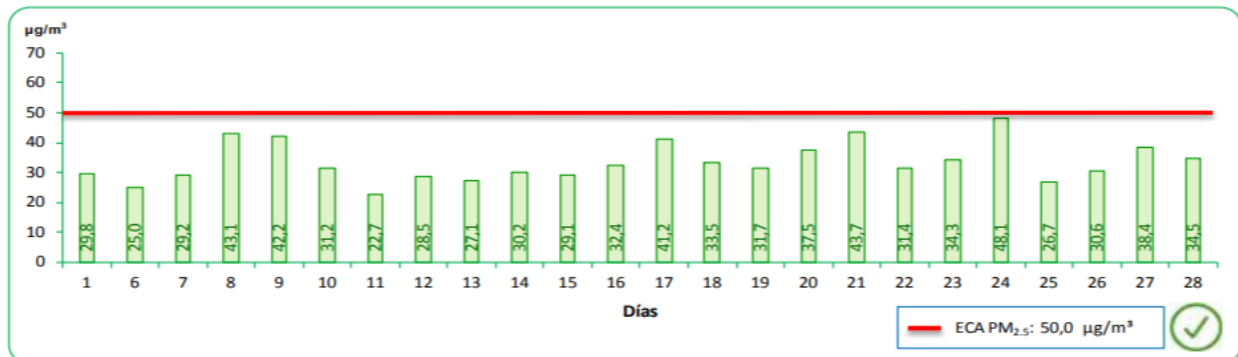
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.

Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e informática.

La estación de medición de Puente Piedra, para el mes de febrero de 2018 tuvo dos máxima diaria de 48,0 ug/m<sup>3</sup> (23 de febrero) y 47,4 ug/m<sup>3</sup> (24 de febrero) que no superó el ECA, es decir desde el 1 al 28 de febrero se registraron valores inferiores al estándar de calidad ambiental del PM<sub>2,5</sub>.

### GRÁFICO N° 18

LIMA METROPOLITANA: CONCENTRACIÓN DIARIA DEL MATERIAL PARTICULADO INFERIOR A 2.5 MICRAS (PM<sub>2.5</sub>), EN LA ESTACIÓN DE MEDICIÓN DE ATE - FEBRERO 2018



µg/m³: Microgramo por metro cúbico.

ECA: 50,0 µg/m³

Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI)-Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales.

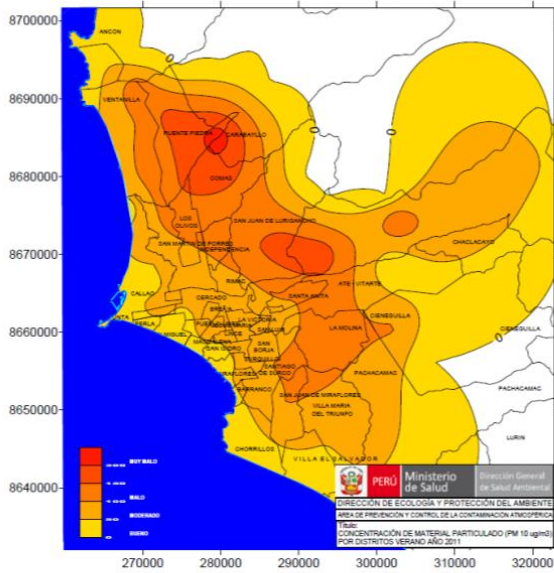
Elaboración: Instituto Nacional de Estadística e informática.

La estación de medición de Ate, no superó la concentración diaria de material particulado PM<sub>2,5</sub>, pero el valor más alto registrado fue el día 24 de febrero (48,1 ug/m<sup>3</sup>) del presente año de análisis.

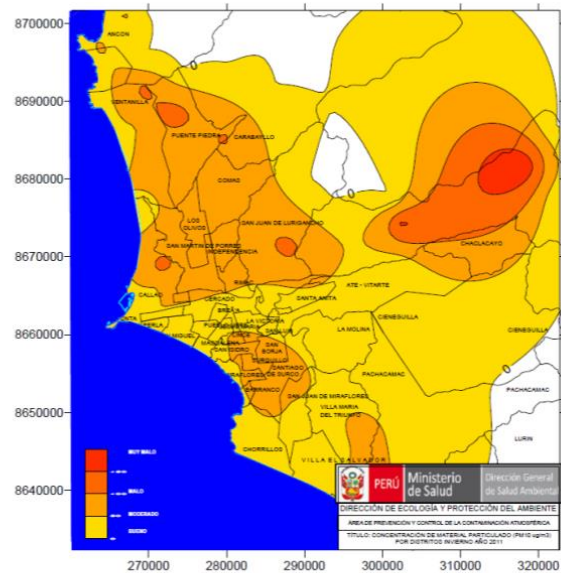
Durante el mes de febrero se registró valores elevados pero no superiores al ECA establecido.

Figura 5: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2018): Estadísticas Ambientales – Febrero 2018, Lima, Informe Técnico N°3 Marzo 2018.

## MAPAS COMPARATIVOS DEL MATERIAL PARTICULADO (PM10)

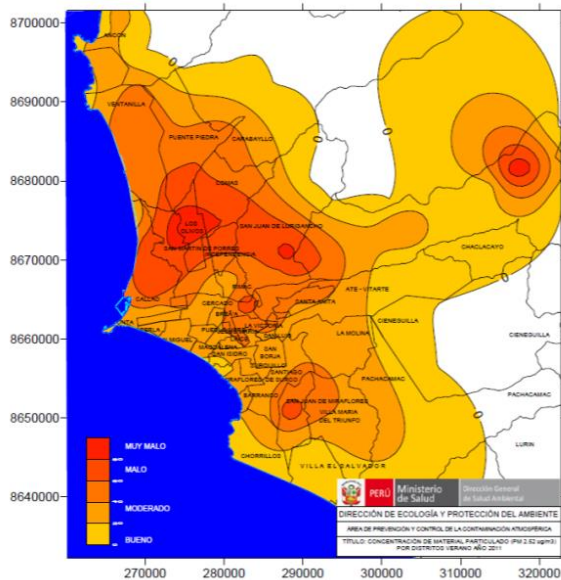


VERANO

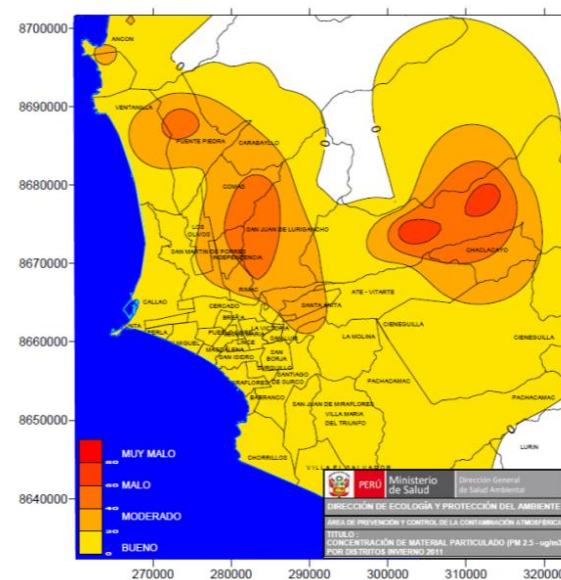


INVIERNO

## MAPAS COMPARATIVOS DEL MATERIAL PARTICULADO (PM2.5)



VERANO



INVIERNO

Figura 6: Ministerio de Salud (2011): Estudio de Saturación Lima Metropolitana y Callao año 2011, Lima, Ministerio de Salud, Dirección general de Salud Ambiental.

### 2.1.1.2. GESTIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS

El Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA) identificó que 28 de 43 distritos de Lima cuentan con una inadecuada gestión de residuos sólidos, donde 12 han reducido su presupuesto ejecutado para la gestión de residuos desde 2017. Se han identificado 148 puntos críticos de acumulación de basura y desmonte, es decir puntos en la ciudad donde los desperdicios se amontonan en la vía pública.<sup>12</sup>

En 2018, Lima produjo 3,545,688 toneladas de residuos<sup>13</sup>, y la Municipalidad de Lima pronostica que esta cantidad se duplique dentro de 20 años.<sup>14</sup>

GENERACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS 2010-2018

RESIDUOS SÓLIDOS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Total en Lima (toneladas)	2,664,798	2,503,586	2,649,634	2,759,701	2,828,128	29,424,779	3,164,584	3,276,748	3,454,688
Generación Percápita de Residuos	1.58	1.86	1.88	2.13	2.24	2.42	2.40	2.48	2.43

Figura 7: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019*. Lima, INEI

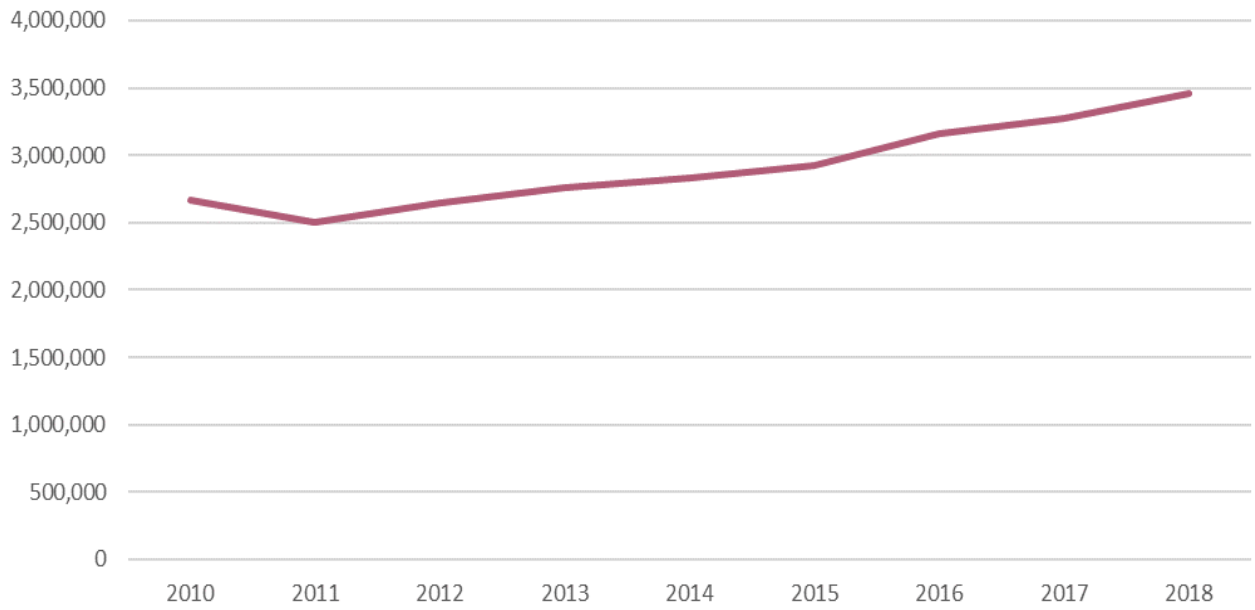
<sup>12</sup> Cárdenas G. (2018): *La ciudad y la basura*. [online]. Disponible en <<https://rpp.pe/lima/actualidad/la-ciudad-y-la-basura-lima-retrocede-en-la-lucha-por-controlar-sus-residuos-solidos-noticia-1114285>>. [05 Mayo 2020]

<sup>13</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019*. Lima, INEI.

<sup>14</sup> Cárdenas G. (2018): *La ciudad y la basura*. [online]. Disponible en <<https://rpp.pe/lima/actualidad/la-ciudad-y-la-basura-lima-retrocede-en-la-lucha-por-controlar-sus-residuos-solidos-noticia-1114285>>. [05 Mayo 2020]



### RESIDUOS SÓLIDOS: TOTAL EN TONELADAS



### RESIDUOS SÓLIDOS: GENERACIÓN DE RESIDOS PERCÁPITA (Toneladas)

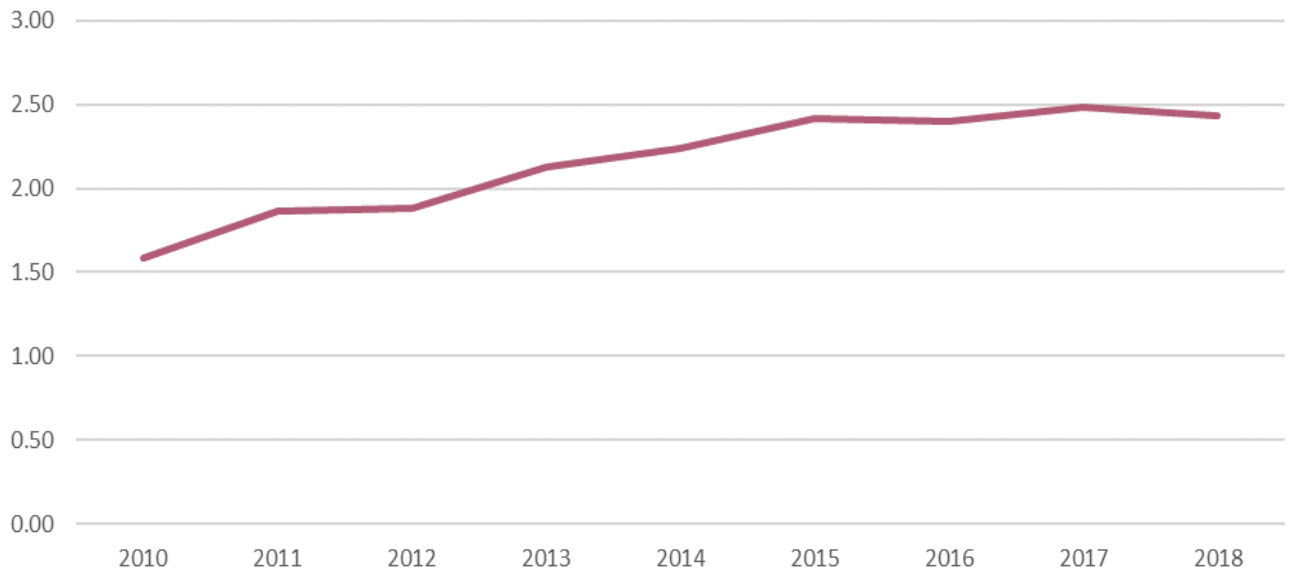


Figura 8: Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019. Lima, INEI

### 2.1.1.3 GESTIÓN DEL AGUA

#### Estrés Hídrico en Lima

Según un estudio de Nature Conservancy de 2014, donde se evaluaron datos globales de fuentes de agua e infraestructura en ciudades grandes alrededor del mundo, ubica a Lima dentro de las 20 primeras ciudades de mayor estrés hídrico del mundo.<sup>15</sup>

El río Rímac es la fuente de abastecimiento de Lima, nace del derretimiento de los glaciares de Ticlio en la provincia de Huarochirí,<sup>16</sup> y la cantidad de agua superficial disponible para la capital peruana es más de 800 Hm<sup>3</sup> de la cual el 80% se destina al uso de la población.<sup>17</sup> Según un informe del GIZ (Cooperación Alemana para el desarrollo sostenible) estima que los Andes peruanos podrían desaparecer antes de 2045, poniendo en riesgo las fuentes de agua que tiene Lima.<sup>18</sup>

Además, existen sectores de la ciudad que no están abastecidas por la red de agua potable de SEDAPAL. Zonas en los distritos de Lima Norte cuentan con un déficit de 223,509,301.1 litros de agua y más de 2 millones 600 mil personas que no son abastecidas adecuadamente; como consecuencia, las personas que no tienen acceso al servicio domiciliario se ven forzadas a racionalizar el uso del agua: limitar el aseo personal, el aseo de las viviendas y el consumo.<sup>19</sup> Según la INEI, entre febrero de 2017 y enero de 2018, el 10.6% de la población que no tiene acceso a agua por red pública consume agua proveniente de camión cisterna (1,3%), pozo (1.2%), y ríos y acequias (3.2%).<sup>20</sup>

---

<sup>15</sup> McDonald R.; Weber K.; Padowski J.; Flörke M.; Schneider C.; Green P.; Gleeson T.; Eckman S.; Lehner B.; Balk D.; Boucher T.; Grill G. y Montgomery M. (2014): *Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure*, Amsterdam, Elsevier: Global Environmental Change Vol 27 pp. 96-105

<sup>16</sup> Ministerio de la Salud (2011): *Evaluación de Muestras de Agua del Río Rímac y Principales Afluentes con Datos de Digesa y SEDAPAL*. [online]. Disponible en <<http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/rios/2011/Rio-Rimac-abril-2011-DIGESA-SEDAPAL-2.pdf>>. [04 Mayo 2020]

<sup>17</sup> Autoridad Nacional del Agua -ANA (2014): *Agua y Población*. [online]. Disponible en <<https://www.ana.gob.pe/portal/gestion-del-conocimiento-girh/agua-y-poblacion-0>>. [04 Mayo 2020]

<sup>18</sup> El Comercio Perú (2017): *Lima y el Estrés hídrico* [online]. Disponible en <<https://elcomercio.pe/lima/lima-estres-hidrico-angus-laurie-156727-noticia/?ref=ecr>>. [04 Mayo 2020]

<sup>19</sup> Vargas L. y Carrión T. (2019): *Estado de Desborde: los serios problemas de abastecimiento de agua en Lima Norte* [online]. Disponible en <<https://www.ve-mas.com/noticias/problemas-abastecimiento-lima-norte/>>. [04 Mayo 2020]

<sup>20</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2018): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2018*. Lima, INEI

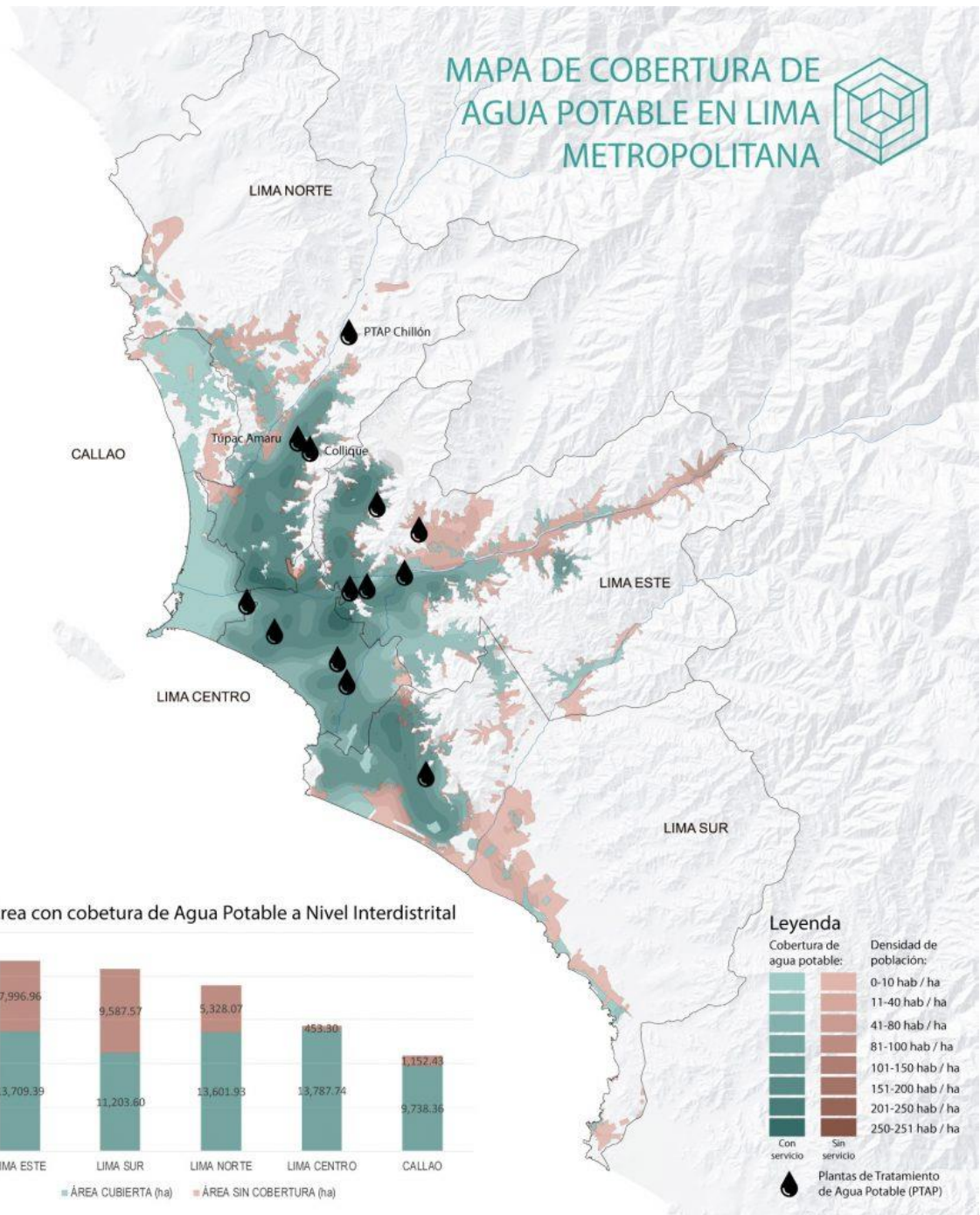


Figura 9: Ve-Más (2019): Mapa de Cobertura de Agua Potable en Lima Metropolitana, [imagen en línea] Disponible en: <<https://www.ve-mas.com/noticias/problemas-abastecimiento-lima-norte/>> [Acceso el 4 de Mayo de 2020].

## Contaminación del Río Rímac

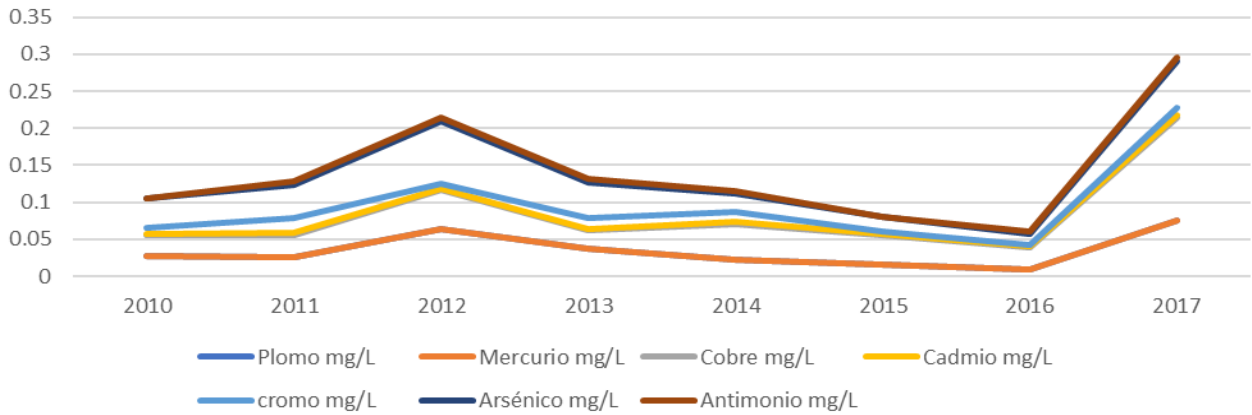
Según un informe realizado por Perú 21 en 2019, Francisco Dumler, presidente de Sedapal (Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima), informó que existen más de 900 puntos de contaminación del río Rímac y que obedecen a tres tipos de contaminación, principalmente generada por la población: El primero son los pobladores que arrojan desechos sólidos al río: plástico, madera, metal, basura en general, luego están los distritos que no realizan tratamiento de aguas residuales y las vierten al río, y tercero existen relaves mineros de 50 años y junto al uso industrial, mineralizan el agua.<sup>21</sup>

CONTAMINANTES	UNIDAD	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>FISICO</b>									
Turbiedad	Unt	6.28	48.5	147.48	81.27	21.43	23.15	43	458.4
<b>QUIMICO INORGANICO</b>									
Nitratos	mg/L	3.51	3.18	3.5	3.4	2.4	2.46	2.82	4.44
Cloruros	mg/L	18.53	17.63	16.75	21.3	14.19	15.7	15.95	13.9
<b>METAL</b>									
Plomo	mg/L	0.028	0.025	0.064	0.037	0.022	0.015	0.009	0.076
Mercurio	mg/L	0.0002	0.0002	0.0001	0.0001	0	0.001	0	0.0001
Cobre	mg/L	0.027	0.03	0.052	0.025	0.049	0.04	0.03	0.138
Cadmio	mg/L	0.002	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.001	0.003
romo	mg/L	0.009	0.021	0.006	0.014	0.014	0.003	0.002	0.01
<b>NO METALICO</b>									
Arsénico	mg/L	0.039	0.044	0.085	0.049	0.025	0.019	0.015	0.064
Antimonio	mg/L		0.006	0.004	0.005	0.003	0	0.004	0.005
<b>MICROORGANISMOS</b>									
Cloriformes	Nº/100 mL	300000	229696	107000	70371	67500	124940	111559	128886

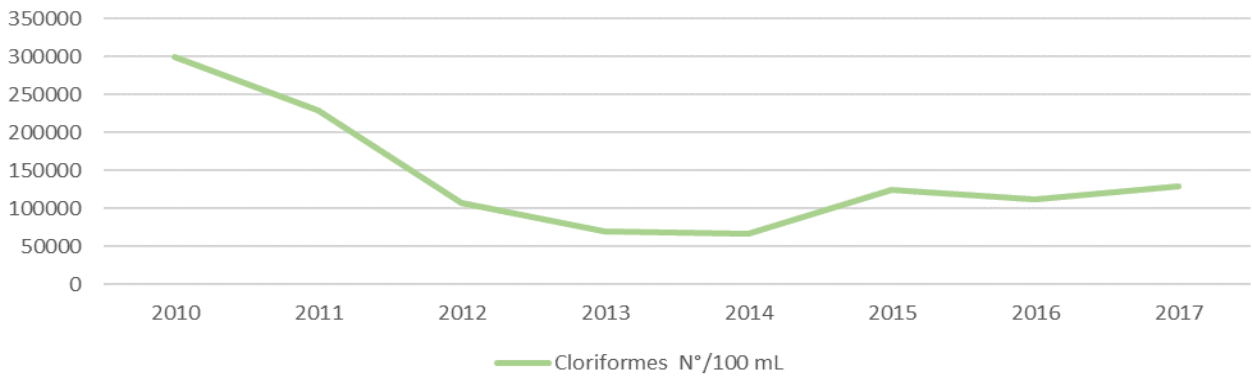
Figura 10: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2019): Monitoreo de Agua del Río Rímac Según Parámetro Físico y Químico, Lima, INEI: Compendio Estadístico 2019

<sup>21</sup> Perú21 (2019): *Sedapal: Hay más de 900 puntos de contaminación del Rímac* [online]. Disponible en <<https://peru21.pe/lima/sedapal-hay-900-puntos-contaminacion-rio-rimac-nndc-487637-noticia/?ref=p21r>>. [04 Mayo 2020]

### Contaminantes Metálicos y No Metálicos



### Microorganismos



### Químico Inorgánico

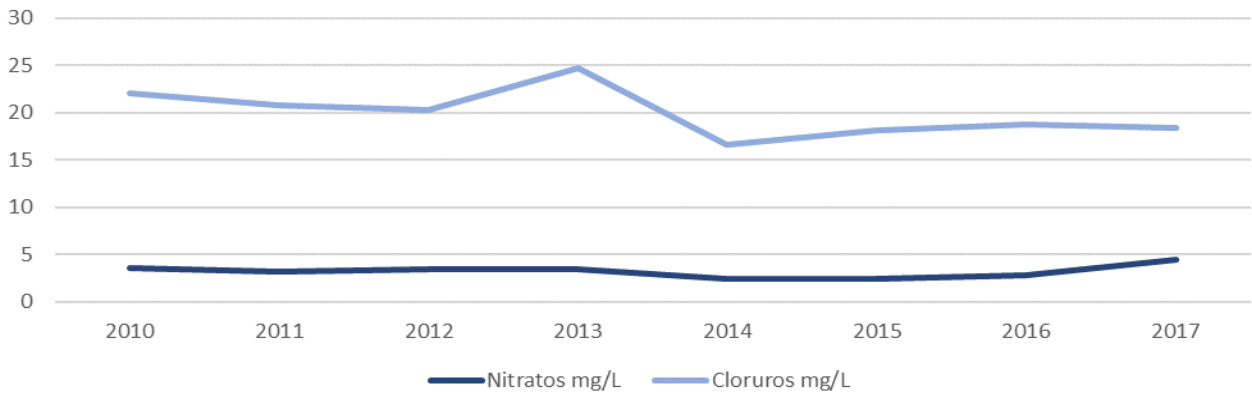


Figura 11: Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI (2019): Monitoreo de Agua del Río Rímac Según Parámetro Físico y Químico, Lima, INEI: Compendio Estadístico 2019

#### 2.1.1.4. ÁREAS VERDES

Según el INEI, Lima Tiene una superficie total de 29.54 km<sup>2</sup> de áreas verdes englobando: Plazas, Parques, Parques zonales, Zoológicos, Jardines, Óvalos, bermas y Alamedas,<sup>22</sup> a razón de 3.2 m<sup>2</sup> por habitante. Estos valores están por debajo de los 15 m<sup>2</sup> de área verde por habitante recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud)<sup>23</sup> y copiosamente por debajo de otras ciudades; Barcelona tiene 18.1 m<sup>2</sup> de área verde por habitante<sup>24</sup> y Madrid 18m<sup>2</sup> por habitante.<sup>25</sup>

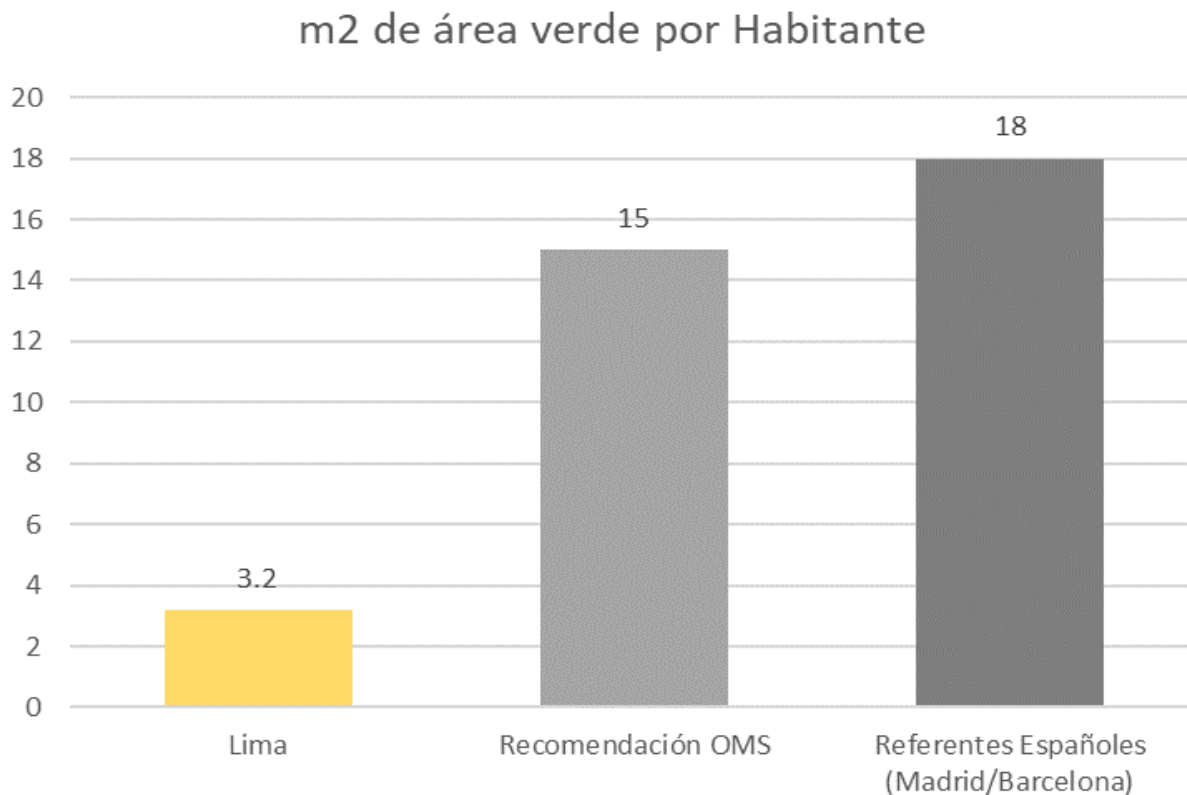


Figura 12: m2 de área verde por Habitante [elaboración propia]

<sup>22</sup> Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019*. Lima, INEI

<sup>23</sup> Ciudad Sostenible (2018): *Plan Verde para la ciudad de Madrid* [online]. Disponible en <<https://www.ciudadesostenible.eu/plan-verde-para-la-ciudad-de-madrid/>>. [04 Mayo 2020]

<sup>24</sup> La Vanguardia (2016): *La comunidad científica pide más zonas verdes en Barcelona* [online]. Disponible en <<https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20160501/401482328509/comunidad-cientifica-zonas-verdes-barcelona.html>>. [04 Mayo 2020]

<sup>25</sup> Ciudad Sostenible (2018): *Plan Verde para la ciudad de Madrid* [online]. Disponible en <<https://www.ciudadesostenible.eu/plan-verde-para-la-ciudad-de-madrid/>>. [04 Mayo 2020]

### 2.1.1.5. ENERGÍA

Antes de 2005, la producción de electricidad en el Perú mediante el uso de recursos hídricos y concentraba entre 70%-90% del total; a partir de ese año y gracias a mayor disponibilidad del uso de gas natural de Camisea para la producción de electricidad, como consecuencia la participación de generación térmica se incrementa de 25.6% en 2005 a 47.6% en 2015, y la participación de tecnología hidráulica se reduce en 23 puntos.<sup>26</sup>

En 2015, la producción energética en Lima fue de 25,107 GWh, representando el 54.9% del total de energía producida en todo el país. La participación de Lima en la producción se debe a la existencia de varias centrales térmicas de gas natural.<sup>27</sup>

#### Evolución de la participación de cada tecnología en la producción de electricidad

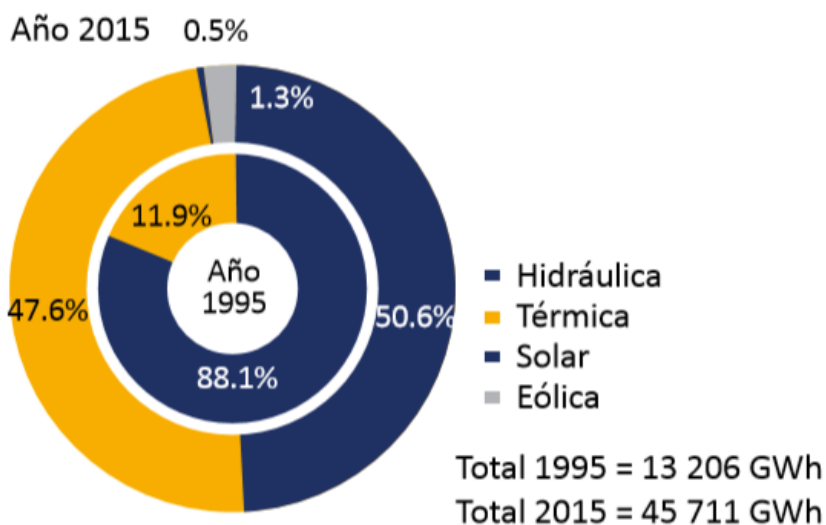


Figura 13: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas Osinergmin (2016): *La Industria de la Electricidad en el Perú, 25 años de Aportes al Crecimiento Económico del País*, Osinergmin, Lima.

<sup>26</sup> Tamayo J.; Salvador J.; Vásquez A. y Vilches C. (2016): *La Industria de la Electricidad en el Perú, 25 años de Aportes al Crecimiento Económico del País*, Osinergmin, Lima.

<sup>27</sup> Ibid.

## Evolución de la producción de electricidad del mercado eléctrico según tecnología

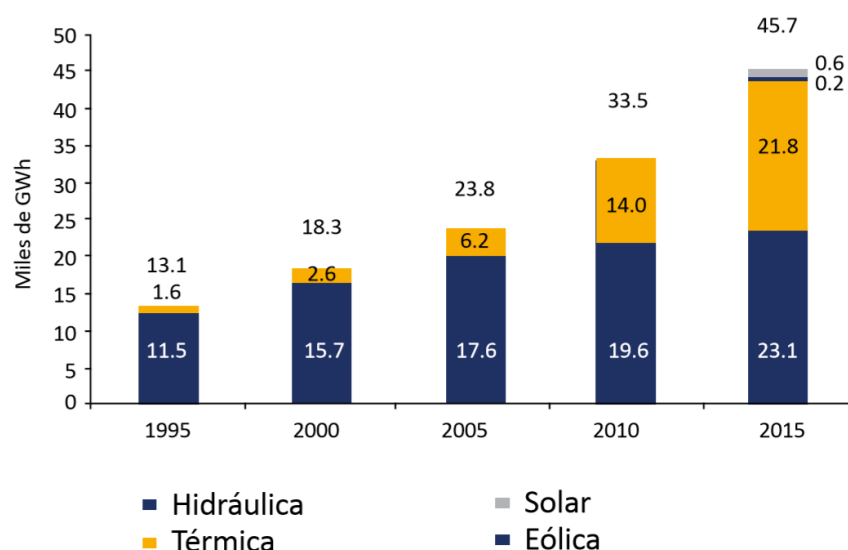


Figura 14: Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y Minas Osinergmin (2016): La Industria de la Electricidad en el Perú, 25 años de Aportes al Crecimiento Económico del País, Osinergmin, Lima.

Factores de emisión de kgCO <sub>2</sub>		
	Factor	Unidades
Energía eléctrica	0,615	kgCO <sub>2</sub> /kWh
GLP	2,75	kgCO <sub>2</sub> /kilogramo
Diésel	9,7	kgCO <sub>2</sub> /galón
Gasolina	7,9	kgCO <sub>2</sub> /galón
Leña	1,7	kgCO <sub>2</sub> /kilogramo

Figura 15: Ministerio de Energía y Minas MINEM (2016): La Huella de Carbono y la Eficiencia energética, [online]. Disponible en < <https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20160501/401482328509/comunidad-cientifica-zonas-verdes-barcelona.html>>. [05 Mayo 2020]



## 2.1.2. Análisis Climático de Lima

### Clasificación según Zona Bioclimática del RNE (Reglamento Nacional de Edificaciones)

Según el apartado EM.110: Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética del RNE, existen 9 zonas Bioclimáticas en el Perú, cada zona con un requerimiento de mínimos de transmitancia térmica en la envolvente de muros, techo, y suelo.<sup>28</sup> Las zonas bioclimáticas son: Desértico Costero, Desértico, Interandino bajo, Mesoandino, Altoandino, Nevado, Ceja de Montaña, Subtropical húmedo, Tropical húmedo

La Clasificación Bioclimática de Lima, según RNE, es Zona Bioclimática 1: Desértico Costero.<sup>29</sup>

ANEXO N° 1: (B) Características Climáticas de cada zona bioclimática

Características climáticas	ZONAS BIOCLIMATICAS DEL PERU								
	1 Desértico Costero	2 Desértico	3 Interandino Bajo	4 Mesoandino	5 Alto Andino	6 Nevado	7 Ceja de Montaña	8 Subtropical Húmedo	9 Tropical Húmedo
1 Temperatura media anual	18 a 19°C	24°C	20°C	12°C	6°C	< 0°C	25 a 28°C	22°C	22 a 30°C
2 Humedad relativa media	> 70%	50 a 70%	30 a 50%	30 a 50%	30 a 50%	30 a 50%	70 a 100%	70 a 100%	70 a 100%
3 Velocidad de viento	Norte: 5-11 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 5-11 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 4 m/s Centro: 6 m/s Sur: 5-7 m/s	Norte: 10 m/s Centro: 7,5 m/s Sur: 4 m/s Sur - Este : 7 m/s	Centro: 6 m/s Sur: 7 m/s Sur Este: 9 m/s	Centro: 7 m/s Sur: 7 m/s	Norte: 4-6 m/s Centro: 4-5 m/s Sur: 6-7 m/s	Norte: 5-7 m/s Este: 5-7 m/s Centro: 5 m/s	Este: 5-6 m/s Centro: 5 m/s
4 Dirección predominante del viento	S - SO - SE	S - SO - SE	S	S - SO - SE	S - SO	S - SO	S - SO - SE	S - SO - SE	S - SO
5 Radiación solar	5 a 5,5 kWh/m <sup>2</sup>	5 a 7 kWh/m <sup>2</sup>	2 a 7,5 kWh/m <sup>2</sup>	2 a 7,5 kWh/m <sup>2</sup>	S kWh/m <sup>2</sup>	s kWh/m <sup>2</sup>	3 a 5 kWh/m <sup>2</sup>	3 a 5 kWh/m <sup>2</sup>	3 a 5 kWh/m <sup>2</sup>
6 Horas de sol	Norte: 5 horas Centro: 4,5 horas Sur: 6 horas	Norte: 6 horas Centro: 5 horas Sur: 7 horas	Norte: 5-6 horas Centro: 7-8 horas Sur: 6 horas	Norte: 6 horas Centro: 8-10 horas Sur: 7-8 horas	Centro: 8 a 10 horas Sur: 8 a 10 horas	Centro: 8 a 10 horas Sur: 8 a 11 horas	Norte: 6-7 horas Centro: 8-11 horas Sur: 6 horas	Norte: 4-5 horas Sur-Este: 4-5 horas	Norte: 4-5 horas Este: 4-5 horas
7 Precipitación anual	< 150 mm	< 150 a 500 mm	< 150 a 1,500 mm	150 a 2,500 mm	< 150 a 2,500 mm	250 a 750 mm	150 a 6000 mm	150 a 3000 mm	150 a 4000 mm
8 Altitud	0 a 2000 msnm	400 a 2000 msnm	2000 a 3000 msnm	3000 a 4000 msnm	4000 a 4800 msnm	> 4800 msnm	1000 a 3000 msnm	400 a 2000 msnm	80 a 1000 msnm
Equivalente en la clasificación Koppen	BSs-BW, BW	Bw	BSw	Dwb	ETH	EFH	Cw	Aw	Af

Figura 16: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Reglamento nacional de Edificaciones: Norma EM.110: Anexo N°1 B: Características Climáticas de cada zona Bioclimática, Lima, Normas Legales-El Peruano.

<sup>28</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Normas Legales -Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima, Normas Legales-El Peruano.

<sup>29</sup> *Íbid.*

## Clasificación Climática de Lima: Análisis Köppen-Geiger

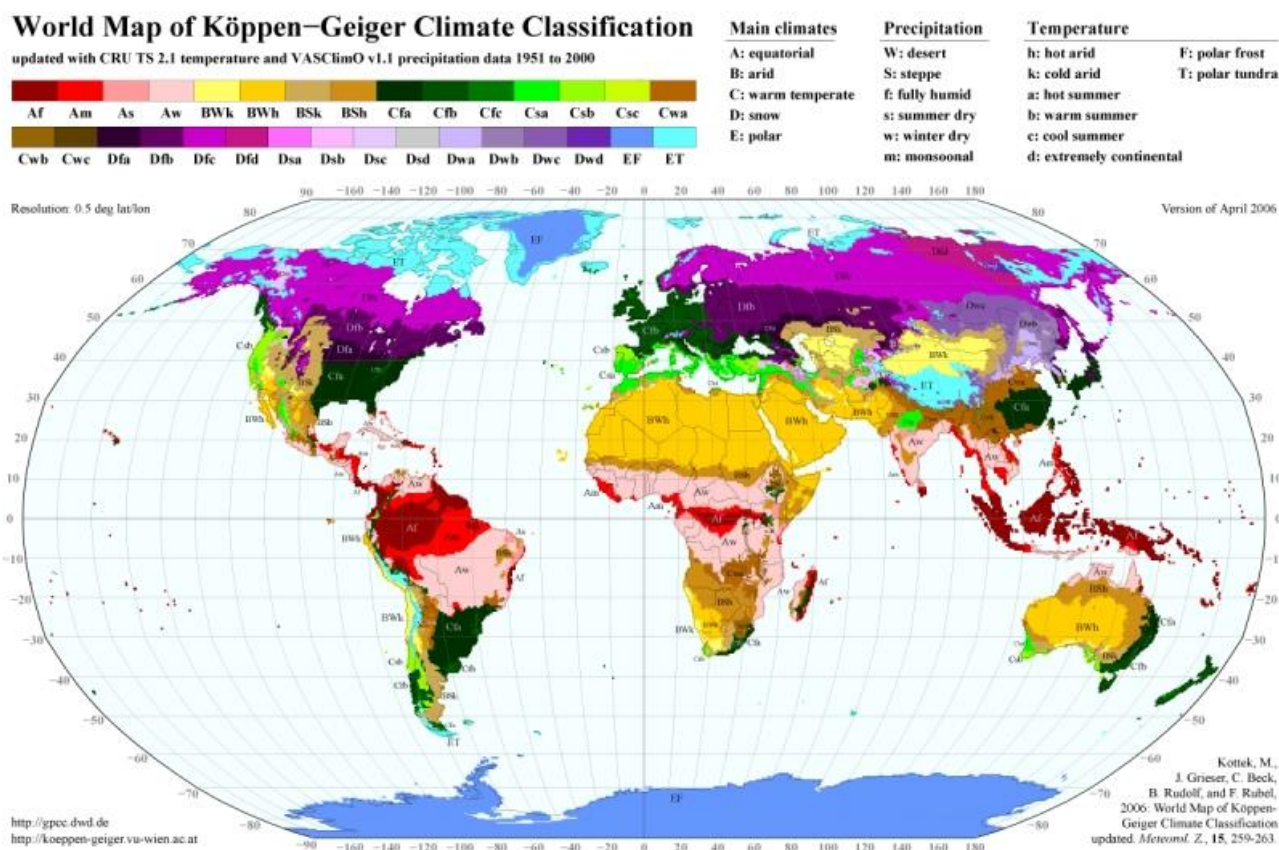


Figura 17: Climate Change & Infectious Diseases Group (2006): Mapa Mundial de Köppen-Geiger Clasificación Climática, [imagen en línea] Disponible en: <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>> [Acceso el 26 de Abril de 2020].

Según la clasificación climática del Mapa de Köppen-Geiger, Lima presenta una Clasificación climática BWh- correspondiente a un Clima Árido Cálido.<sup>30</sup> Lima tiene una humedad relativa media de 80%, media mínima de 62% y media máxima de 90%; la temperatura media de bulbo seco es de 18°C, la media mínima de 15°C y la media máxima de 27°C, los cielos cubiertos el 80% del año.<sup>31</sup> A pesar de tener una garúa y neblinas frecuentes, se considera un clima árido debido a que las precipitaciones son escasas y están por debajo de 20mm. al año.<sup>32</sup>

<sup>30</sup> M. Kottke, J. Grieser, C. Beck, B. Rudolf, F. Rubel (2006): *World Map of Köppen-Geiger climate classification update*. Berlin-Stuttgart, Gebrüder Borntraeger: Meteorologist Zeitschrift, Vol 15, No3. Pp. 259-263

<sup>31</sup> EnergyPlus (2020): *EPW LIMA 846280 (IWEC)* [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]

<sup>32</sup> Climate-data.org (2020): *Lima Clima* [online]. Disponible en < <https://es.climate-data.org/americas-del-sur/peru/lima/lima-1014/> >. [02 Mayo 2020]



Figura 18: Climate Change & Infectious Diseases Group (2006): Mapa Mundial de Köppen-Geiger Clasificación Climática, [imagen en línea] Disponible en: <<http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/present.htm>> [Acceso el 26 de Abril de 2020].

La corriente de Humboldt juega un papel importante en el Clima de Lima. Debido a su latitud y estar relativamente cerca al Ecuador (12° Latitud Sur), Lima debería tener un clima tropical y subtropical. Sin embargo, la Corriente de Humboldt enfría el agua marina entre 5°-10°C dando como resultado una precipitación escasa y generando un desierto costero.<sup>33</sup>

<sup>33</sup> Meteorología en RED (2013): *La corriente de Humboldt* [online]. Disponible en <<https://www.meteorologiaenred.com/la-corriente-humboldt.html#comments>>. [02 Mayo 2020]

## TEMPERATURA DE BULBO SECO

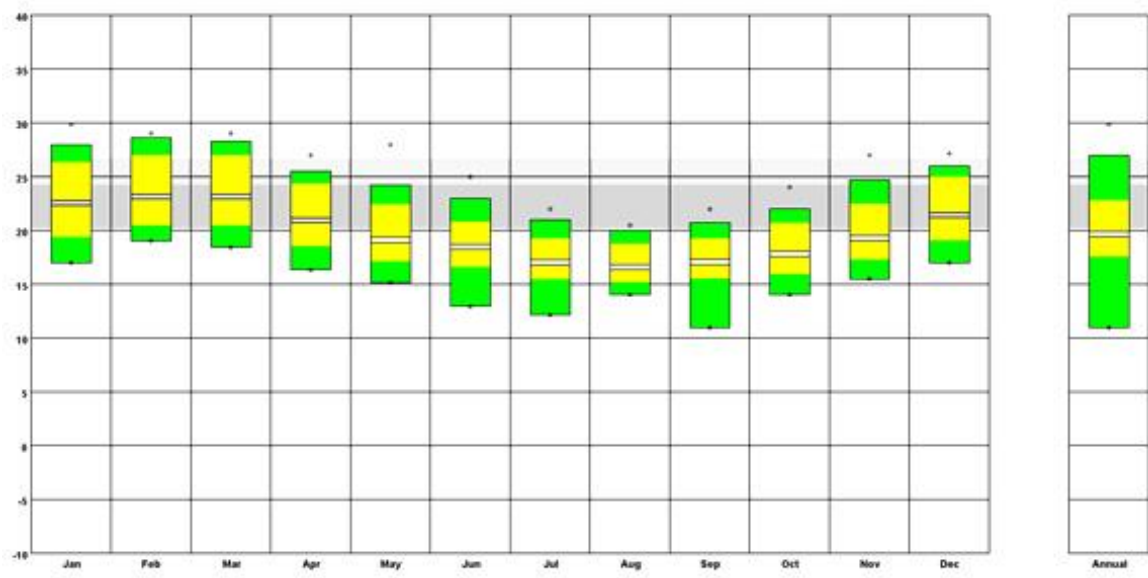
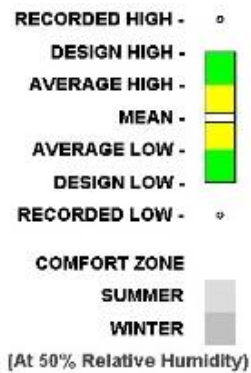


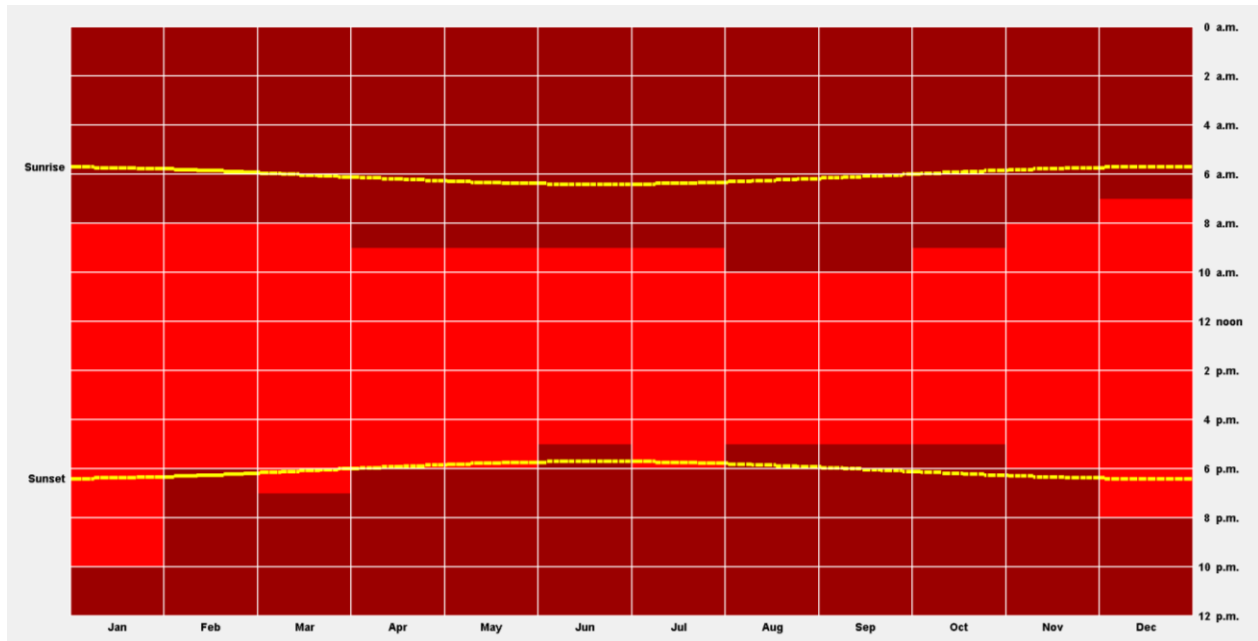
Figura 19: University of California Design Tools (2018): Weather Data Lima - PER, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0.



Lima tiene una temperatura constante durante el año; la temperatura media anual promedio del bulbo seco es de 18 °C, la temperatura media máxima es de 27 °C y la media mínima es de 15°C.<sup>34</sup>

<sup>34</sup> EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]

## HUMEDAD RELATIVA



### RELATIVE HUMIDITY (percent)

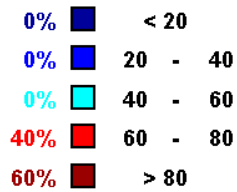


Figura 20: University of California Design Tools (2018): Weather Data Lima - PER, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0.

La Humedad Relativa (H.R.) media en Lima varía entre 76%-80% en los meses de Verano (Diciembre – Marzo) y 80-84% el resto del año.<sup>35</sup>

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
H.R.												
%	76	80	79	81	81	81	80	84	83	83	80	76

<sup>35</sup> EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]

# VIENTOS

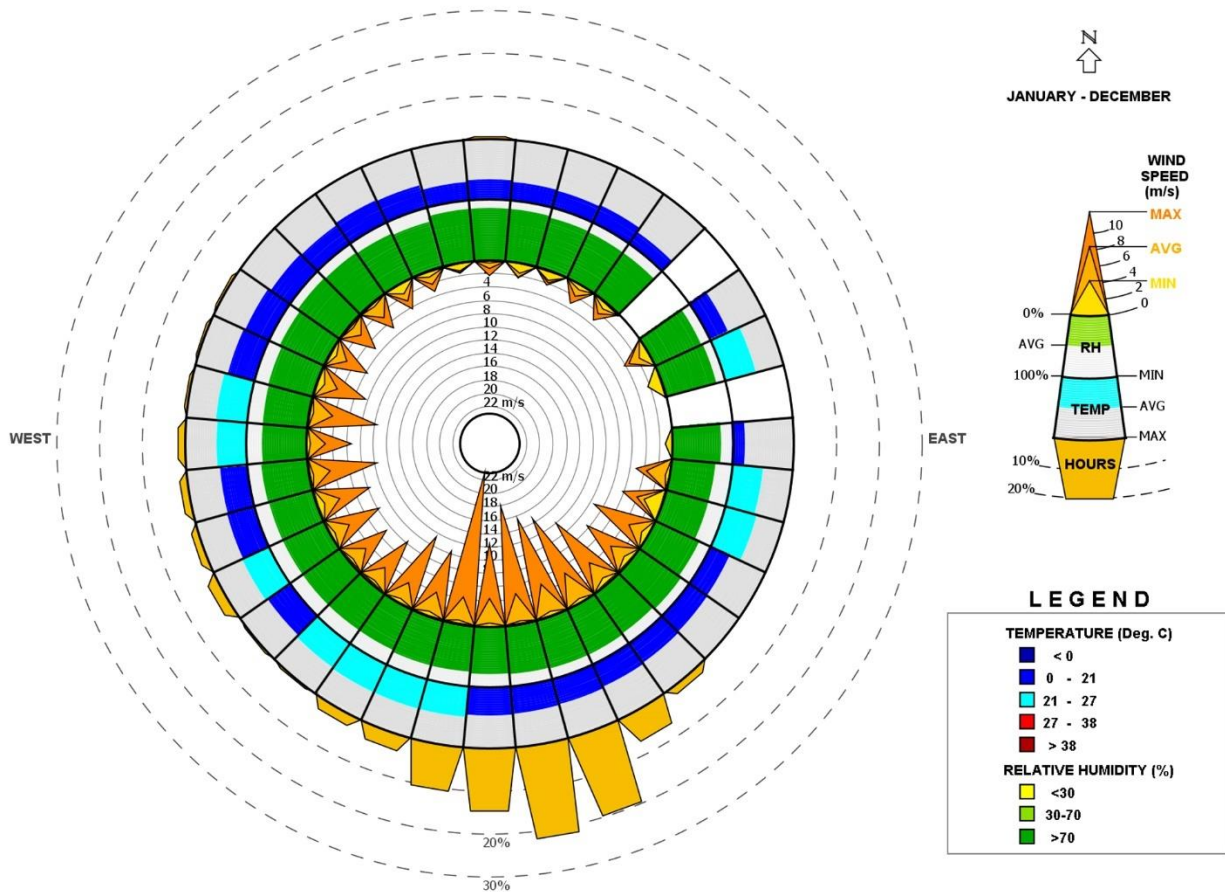
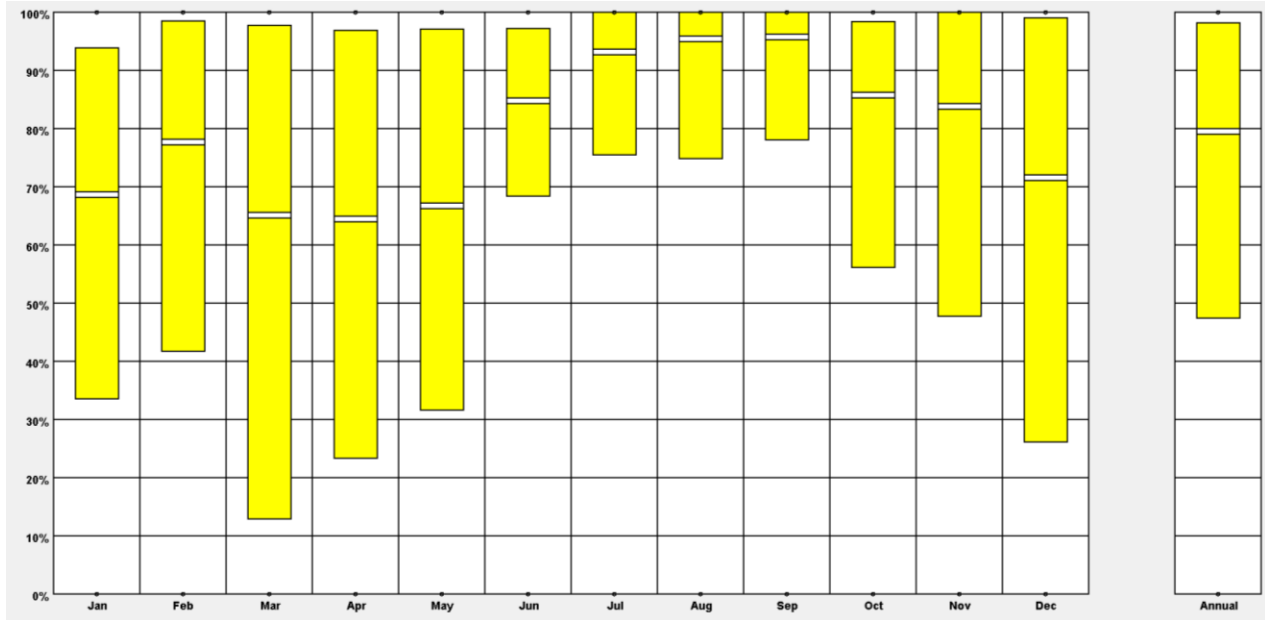


Figura 21: University of California Design Tools (2018): Weather Data Summary, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0. La dirección del viento sigue la geografía de Lima, provenientes del sur. La depresión en el territorio representa una barrera física para el viento y canaliza los vientos.

La temperatura del viento se encuentra por debajo de los 21°C en su mayoría, y entre 21°-27°C; una velocidad promedio entre 1,5 m/s y 2,5 m/s aunque hay registro de velocidades máximas por encima de 10 m/s; y con una humedad Relativa 80%.<sup>36</sup>

<sup>36</sup> EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]

## NUBOSIDAD



**Total Cloud Cover** 100%  
**RECORDED HIGH** - ◦  
**AVERAGE HIGH** -   
**MEAN** -   
**AVERAGE LOW** -   
**RECORDED LOW** - ◦  
**Clear Skies** 0

Figura 22: University of California Design Tools (2018): Sky cover range, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0

Lima suele tener un cielo nuboso la mayoría del año, una media del 80%. Durante los meses de invierno, junio-setiembre se presenta la mayor nubosidad, entre el 85% y el 95%. Durante los meses de verano, diciembre-marzo la nubosidad se ubica entre el 70%.<sup>37</sup>

<sup>37</sup> EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]

## RADIACIÓN SOLAR

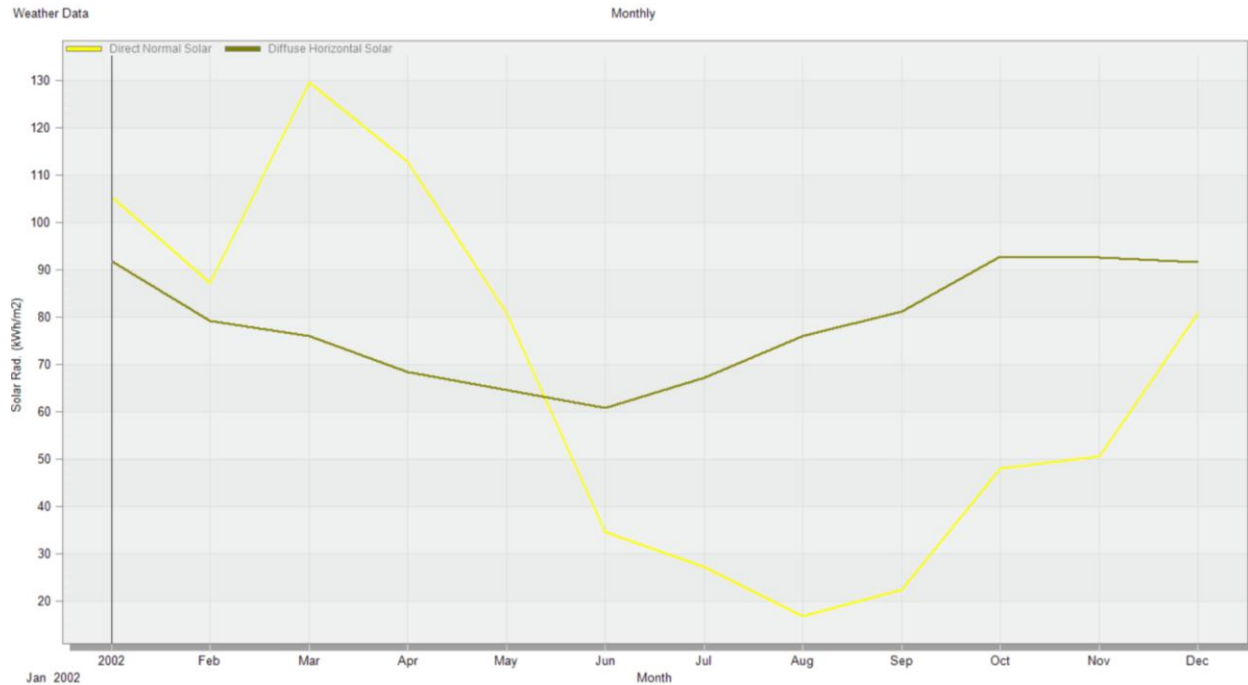


Figura 23: U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO) (2019): Solar Radiation Lima, EEUU.: Energy Plus. Recuperado de Design Builder utilizando motor de cálculo EnergyPlus.

Según EnergyPlus, Lima Presenta una Radiación Solar promedio de 1,770 kWh/m<sup>2</sup> durante todo el año.<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Archivo Climático EPW: EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]. Visualización: U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO) (2019): Solar Radiation Lima, EEUU.: Energy Plus. Recuperado de Design Builder utilizando motor de cálculo EnergyPlus.



## CARTA SOLAR

### CARTA SOLAR CILÍNDRICA SUR: 21 DE DICIEMBRE – 21 JUNIO

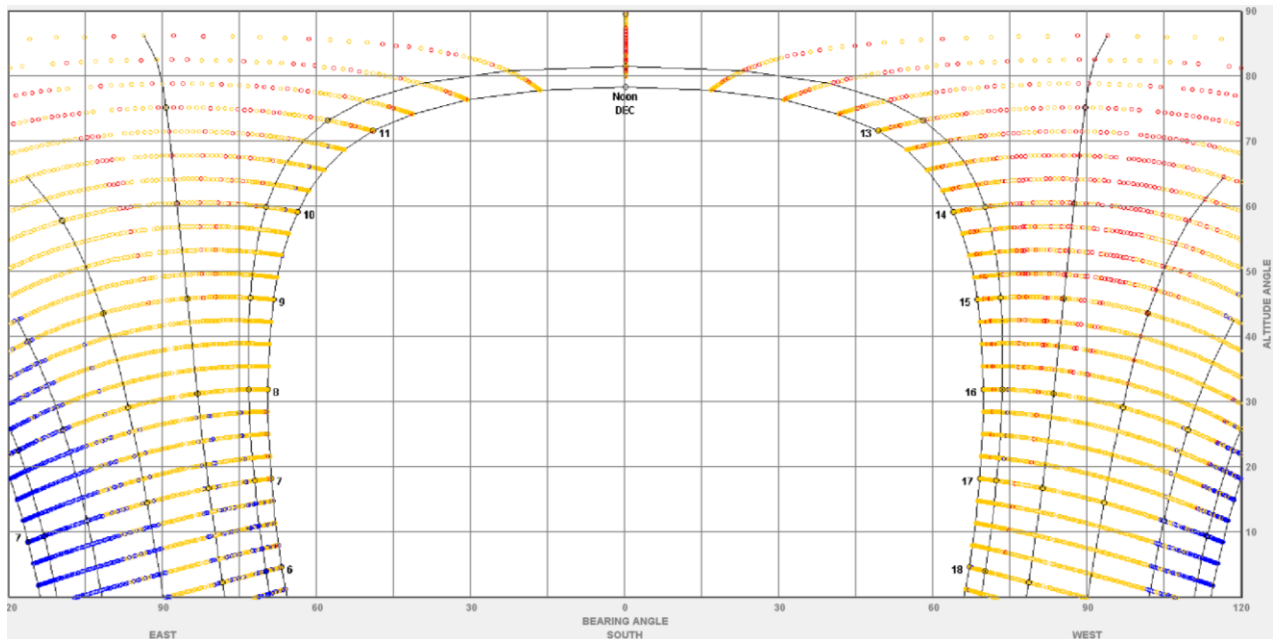


Figura 24: University of California Design Tools (2018): Sun Shading Chart Lima - PER, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0

### CARTA SOLAR CILÍNDRICA SUR: 21 DE JUNIO – 21 DICIEMBRE

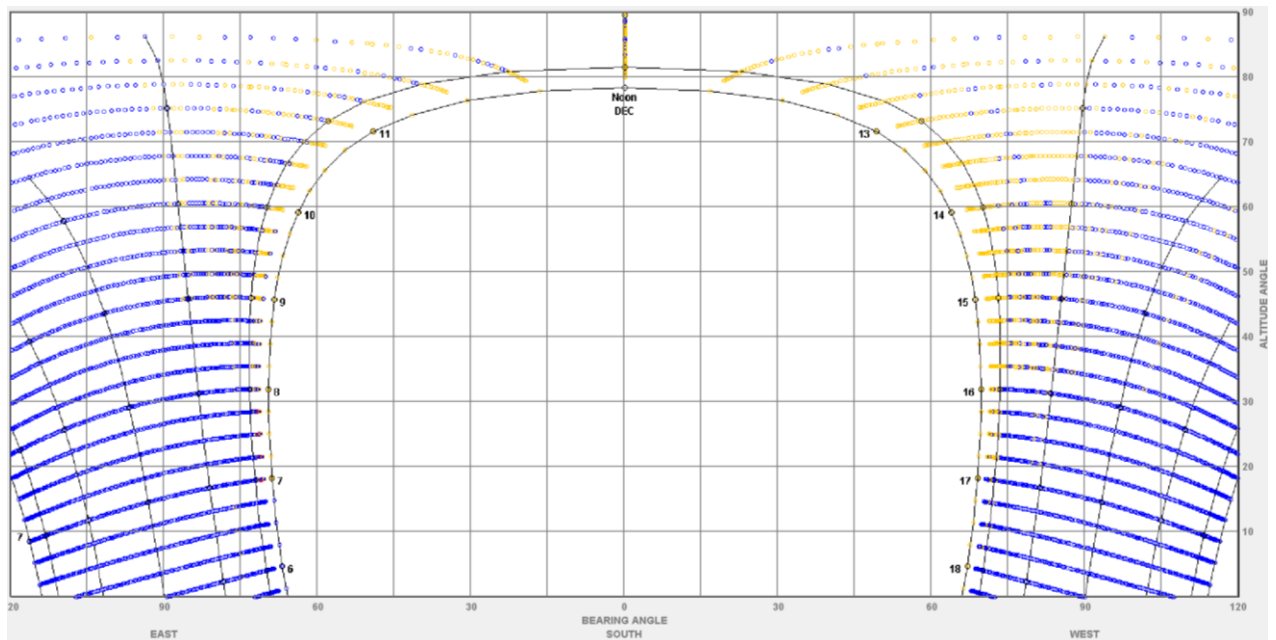


Figura 25: University of California Design Tools (2018): Sun Shading Chart Lima - PER, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0

CARTA SOLAR CILÍNDRICA NORTE: 21 DE DICIEMBRE – 21 JUNIO

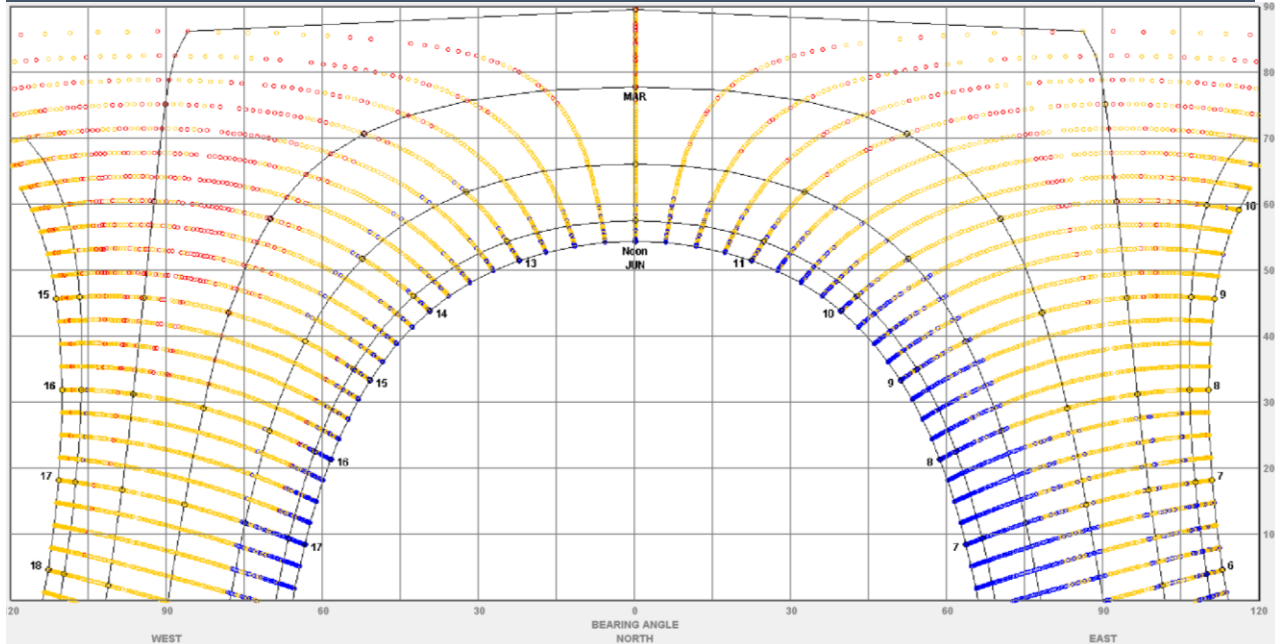


Figura 26: University of California Design Tools (2018): Sun Shading Chart Lima - PER, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0

CARTA SOLAR CILÍNDRICA NORTE: 21 DE JUNIO – 21 DICIEMBRE

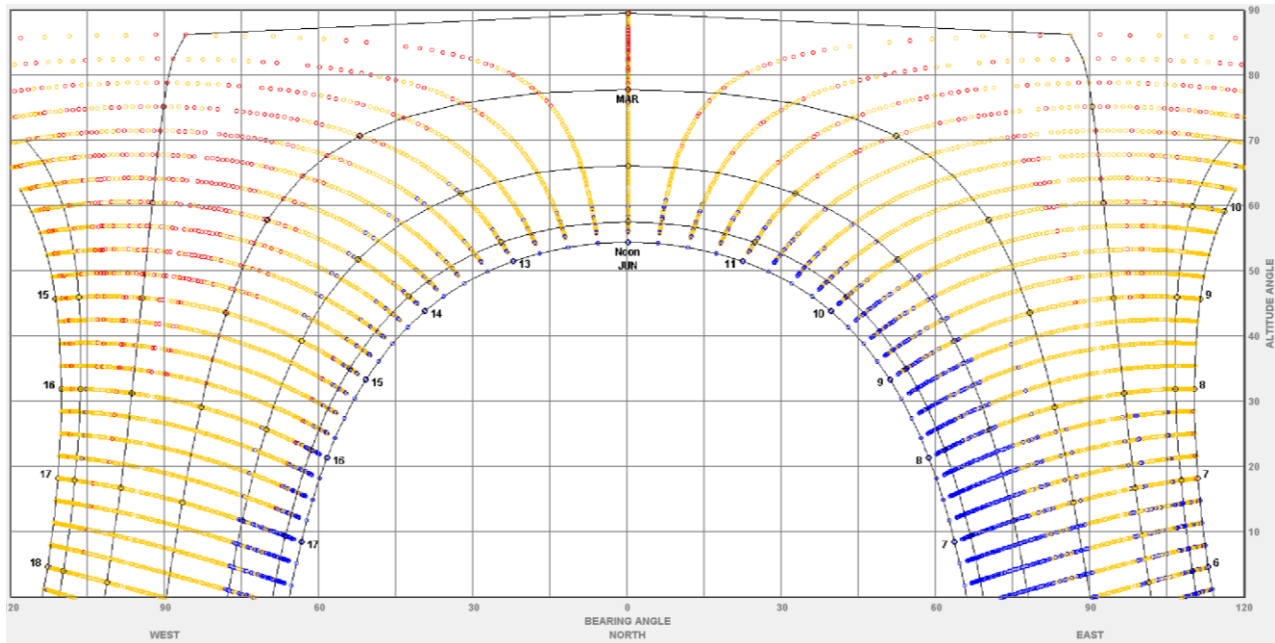


Figura 27: University of California Design Tools (2018): Sun Shading Chart Lima - PER, California, EEUU.: Weather Spark. Recuperado de Climate Consultant 6.0

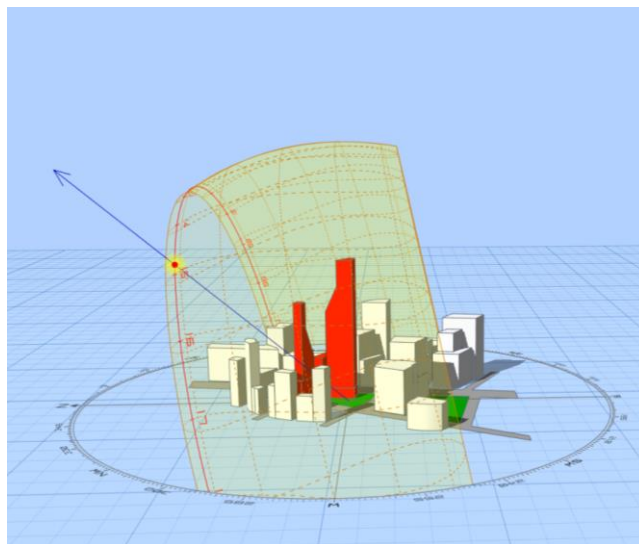
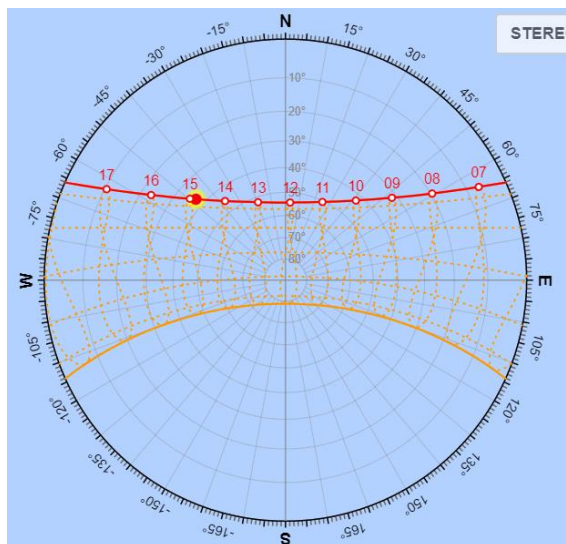


Figura 28: Andrew Marsh (2010): Sun-Path Lima Perú, [imagen en línea] Disponible en: <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html> [Acceso el 26 de Abril de 2020].

El recorrido Solar en Lima es con inclinación hacia el Norte desde el equinoccio de otoño (20 de marzo) hasta el equinoccio de primavera (23 de setiembre), y con inclinación Sur desde el equinoccio de primavera (23 de setiembre) hasta el equinoccio de otoño (20 de marzo).<sup>39</sup>

La incidencia solar en Lima es cercana a una perpendicular, esto se explica por su cercanía al Ecuador con una latitud  $12^\circ$  Sur. La altura solar al mediodía en los equinoccios es de  $77.51^\circ$  y  $77.22^\circ$  en otoño y primavera respectivamente; y en los solsticios es de  $78.78^\circ$  y  $54.25^\circ$  en verano e invierno respectivamente.<sup>40</sup>

<sup>39</sup> Andrew Marsh (2010). Sun-Path Lima Perú. [online]. Disponible en <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html> >

<sup>40</sup> Andrew Marsh (2010). Sun-Path Lima Perú. [online]. Disponible en <http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html> >

### **2.1.3. Análisis de la Normativa existente**

#### **Reglamento Nacional de Edificaciones.**

El reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) es de carácter obligatorio. Los Apartados que hacen referencia a la Eficiencia energética en las Edificaciones es el Título III.4 Instalaciones Eléctricas y Mecánicas Apartado EM.080: Instalaciones con Energía Solar (actualizado en 2009), Apartado EM.090: Instalaciones con Energía Eólica (actualizado en 2012), y el Apartado EM.110: Confort Térmico Lumínico con Eficiencia Energética (2014). Se analizará únicamente el Apartado EM.110, ya que es el apartado que hace incidencia sobre las prestaciones mínimas requeridas en la envolvente de la edificación.

#### **EM 110: Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética (2014)**

##### **Confort Térmico: Demanda energética por zona bioclimática**

##### **Transmitancia Máxima de los elementos constructivos de la edificación:**

Para Lima, catalogado en una zona Bioclimática 1: Desértico Costero, el reglamento exige una transmitancia mínima de 2.36 W/m<sup>2</sup>K en muros, 2.21 W/m<sup>2</sup>K en techos, y 2.63 W/m<sup>2</sup>K en pisos.<sup>41</sup>

---

<sup>41</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): *Normas Legales -Reglamento Nacional de Edificaciones*, Lima, Normas Legales-El Peruano.

**Tabla N° 2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m<sup>2</sup> K**

Zona bioclimática	Transmitancia térmica máxima del muro (U <sub>muro</sub> )	Transmitancia térmica máxima del techo (U <sub>techo</sub> )	Transmitancia térmica máxima del piso (U <sub>piso</sub> )
1. Desértico costero	2,36	2,21	2,63
2. Desértico	3,20	2,20	2,63
3. Interandino bajo	2,36	2,21	2,63
4. Mesoandino	2,36	2,21	2,63
5. Altoandino	1,00	0,83	3,26
6. Nevado	0,99	0,80	3,26
7. Ceja de montaña	2,36	2,20	2,63
8. Subtropical húmedo	3,60	2,20	2,63
9. Tropical húmedo	3,60	2,20	2,63

Figura 29: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Reglamento nacional de Edificaciones: Norma EM.110: Tabla N°2: Valores límites máximos de transmitancia térmica (U) en W/m<sup>2</sup>K, Lima, Normas Legales-El Peruano.

**Permeabilidad al aire de las carpinterías:**

En el caso de la Zona Bioclimática 1: Desértico Costero, se exige una permeabilidad al aire en la carpintería de menos de 50 m<sup>3</sup>/h.m<sup>2</sup> en presiones entre 100 a 150 Pascales.<sup>42</sup>

<sup>42</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Normas Legales -Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima, Normas Legales-El Peruano.

## Confort Lumínico

El Reglamento nacional de Edificaciones recomienda los siguientes niveles de iluminación interior:

### ANEXO N° 6: Metodología de Cálculo para obtener Confort Lumínico

La presente metodología de cálculo permitirá hallar el área mínima de la ventana, necesaria para cumplir con una determinada iluminación interior ( $E_{int}$ ), la cual no deberá sobrepasar los valores recomendados por el Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE) en función de la actividad y del ambiente (Tabla N° 19).

**Tabla N° 19: Iluminación mínima por ambientes según la RNE**

AMBIENTES	ILUMINANCIA (lux)
<b>Norma A 0.40 - Educación</b>	
Aulas	250

<b>Viviendas</b>	
Dormitorios	
general	50
cabecera de cama	200
Baños	
general	100
área de espejo	500
Salas	
general	100
área de lectura	500

AMBIENTES	ILUMINANCIA (lux)
Talleres	300
Circulaciones	100
Servicios Higiénicos	75
<b>Norma A 0.60 - Industria</b>	
Oficinas Administrativas	250
Ambientes de producción	300
Depósitos	50
Comedores y Cocina	220
Servicios Higiénicos	75
Pasadizos de circulaciones	100
<b>Norma A 0.80 - Oficinas</b>	
Áreas de trabajo en oficinas	250

Figura 30: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Reglamento nacional de Edificaciones: Norma EM.110: Anexo N°6: Metodología de Cálculo para obtener Confort Lumínico, Lima, Normas Legales-El Peruano.

## Protección Solar

El Anexo N° 7: Control Solar (Informativo) de la Norma Em.110 del RNE es una guía en el diseño de protección solar en el Perú, se trata de una serie de recomendaciones para lograr una protección solar para evitar el recalentamiento interior, contrastes y reflejos excesivos. En el cálculo de los ángulos de incidencia se consideraron entre las 09:00 y las 15:00 horas para las latitudes:  $-0^\circ, -2^\circ, -4^\circ, -6^\circ, -8^\circ, -10^\circ, -12^\circ, -16^\circ, -18^\circ$  y se calculó un promedio para cada una de las fachadas tipo: Norte, Sur, Este, Oeste, Noroeste, Sureste, Suroeste y Noreste.<sup>43</sup>

<sup>43</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Normas Legales -Reglamento Nacional de Edificaciones, Lima, Normas Legales-El Peruano.

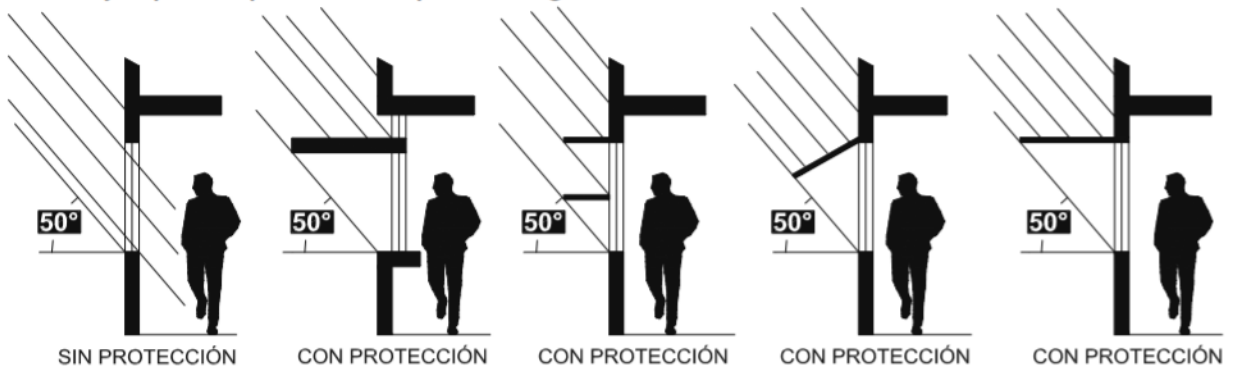
ORIENTACIÓN	LATITUD SUR	ÁNGULO
NORTE	12°	46°
SUR	12°	70°
ESTE	12°	40°
OESTE	12°	48°
NOROESTE	12°	54°
SURESTE	12°	60°
SUROESTE	12°	69°
NOROESTE	12°	48°

Gráfico N° 1: Para hallar la orientación predominante de las ventanas



Figura 31: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Reglamento nacional de Edificaciones: Norma EM.110: Anexo N°7: Control Solar (Informativo), Lima, Normas Legales-El Peruano.

### Ejemplos de protecciones para un ángulo de 50°



1082132-1

Figura 32: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): Reglamento nacional de Edificaciones: Norma EM.110: Anexo N°7: Control Solar (Informativo), Lima, Normas Legales-El Peruano.

## **Código Técnico de Construcción Sostenible (Voluntario)**

En 2015, conjuntamente el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento y el Ministerio de Ambiente lanzaron el primer Código Técnico de Construcción Sostenible en el Perú, una normativa de carácter voluntario que establece los lineamientos para el desarrollo de proyectos sostenibles en el Perú. Se lanzó como una guía básica con medidas que no impacten mucho el diseño ni el presupuesto del proyecto. Tratando puntos como luminarias altamente eficientes, características de confort térmico de los materiales (norma EM.110 del Reglamento Nacional de Edificaciones), ahorro en el agua por medio de equipamiento sanitario y plantas de tratamiento de aguas residuales en proyectos de mayor escala.<sup>44</sup>

El desarrollo del documento inició en 2013 por medio de un comité multidisciplinario, el “Comité Permanente para la Construcción Sostenible” liderado por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) e integrado por el Colegio de Arquitectos, El Ministerio del Ambiente, el Colegio de Ingenieros, la Cámara Peruana de la Construcción y Perú Green Building Council.<sup>45</sup>

Si bien se trata de una normativa voluntaria, algunas Municipalidades en Lima, como Miraflores, incluyeron el CTCSv1 (Código Técnico de la Construcción Sostenible) dentro de los requisitos para el programa de promoción de edificios Verdes, mediante la Ordenanza 510.<sup>46</sup>

Actualmente, se está desarrollando la versión 2 del Código Técnico de Construcción Sostenible como consecuencia de la retroalimentación de desarrolladores inmobiliarios principalmente en Lima. puliendo algunos requerimientos de la primera versión y adicionando categorías de la aplicación de estrategias como paisajismo y materiales.<sup>47</sup>

---

<sup>44</sup> Cámara Peruana de la Construcción (2019). *Versión 2 del Código Técnico de la Construcción Sostenible* [online]. Disponible en < <http://www.construccionindustria.com/version-2-del-codigo-tecnico-de-construccion-sostenible/>> [22 Abril 2020]

<sup>45</sup> *Íbid.*

<sup>46</sup> *Íbid.*

<sup>47</sup> *Íbid.*



## **Exigencias del Código Técnico de Construcción Sostenible**

### **Eficiencia Eléctrica**

#### **- Transmitancia Térmica de Cerramientos según Zona Bioclimática**

El apartado establece los requisitos técnicos a la transmitancia térmica de los cerramientos por zona bioclimática, cumpliendo con los establecido en la Norma Técnica EM.110 del RNE “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética”.<sup>48</sup>

#### **- Iluminación y Refrigeración**

El apartado tiene como objetivo reducir el consumo de electricidad en las edificaciones y establece lo siguiente:

- Las Luminarias instaladas deben cumplir con la Norma Técnica Peruana 370.101-2 “Etiquetado de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas, circulares, lineales y similares de uso doméstico”.<sup>49</sup>
- Toda unidad de vivienda debe ser entregada al propietario incluyendo aparatos refrigeradores con eficiencia energética cumpliendo con la Norma Técnica Peruana 399.483 “Eficiencia energética en artefactos refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores para uso doméstico”.<sup>50</sup>

#### **- Energía solar térmica**

El apartado tiene como objetivo reducir el consumo energético en el agua caliente sanitaria, utilizando la energía solar térmica. Establece lo siguiente:

- Se exige la implementación de sistemas de calentamiento de agua con energía solar a las siguientes tipologías: Vivienda de densidad media (RDM), Vivienda de densidad baja (RDB), Hospedaje (edificaciones

---

<sup>48</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2015): *Normas Legales 560155-Código Técnico de Construcción Sostenible*, Lima, El Peruano.

<sup>49</sup> *Ibid.*

<sup>50</sup> *Ibid.*

contenidas en la Norma Técnica A.030), Centros educativos (Norma Técnica A.040) y Centros de Salud (Norma Técnica A.050).<sup>51</sup>

- Si la edificación está ubicada en las zonas bioclimáticas denominadas: Desértico Costero, Desértico, Interandino Bajo, Mesoandino, Altoandino, Nevado, Ceja de Montaña, Subtropical húmedo y Tropical húmedo, como están definidas en la Norma Técnica EM.110 “Confort Térmico y Lumínico con Eficiencia Energética” incorporada en el Reglamento Nacional de Edificaciones.<sup>52</sup>
- Deben cumplir con lo establecido en las Normas técnicas IS.010 “Instalaciones Sanitarias para Edificaciones” y EM.080 “Instalaciones con Energía Solar” del Reglamento Nacional de Edificaciones.<sup>53</sup>

## **Eficiencia Hídrica**

### **Ahorro de agua y reúso de aguas residuales domésticas tratadas**

El apartado tiene como objetivo la reducción en el uso del agua para el consumo a través de las griferías y aparatos sanitarios como el aprovechamiento de aguas residuales domésticas tratadas, es decir aguas grises.<sup>54</sup>

Las edificaciones nuevas deben tener instalados aparatos sanitarios que incluyan tecnología de ahorro de agua según lo especificado a continuación:

- Los inodoros con o sin fluxómetro de 4.8 litros por cada sifonaje.
- Los inodoros con válvula de doble accionamiento: 6 litros para descarga de residuos sólidos y 3 litros para descarga de residuos líquidos.<sup>55</sup>
- Grifería de los urinarios, lavaderos, lavatorios o duchas deben contar con dispositivos que reduzcan el consumo de agua al menos en un 30% en comparación de aparatos sanitarios convencionales existentes en el mercado.<sup>56</sup>
- En edificaciones y establecimientos que brinden servicio de lavado de vehículos, se debe usar sistemas de alta presión temporizados que aseguren consumos de

---

<sup>51</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2015): *Normas Legales 560155-Código Técnico de Construcción Sostenible*, Lima, El Peruano.

<sup>52</sup> *Ibid.*

<sup>53</sup> *Ibid.*

<sup>54</sup> *Ibid.*

<sup>55</sup> *Ibid.*

<sup>56</sup> *Ibid.*

agua inferiores a 70 litros por vehículo, o un sistema con un consumo inferior a 70 litros.<sup>57</sup>

Las edificaciones con instalaciones para aguas residuales domésticas tratadas, es decir aguas grises, deben cumplir con las siguientes condiciones:

- Las aguas residuales domésticas de lavatorios, lavaderos, duchas y tinas serán tratadas para su reutilización.<sup>58</sup>
- En caso de viviendas residenciales de densidad media o de densidad baja, la instalación para aguas grises tratadas podrá ser de uso común y servir distintos propietarios.<sup>59</sup>
- Las aguas grises tratadas deberán ser utilizadas para el riego de jardines e inodoros.<sup>60</sup>
- Utilizar vegetación nativa de la zona en los jardines, y en zonas bioclimáticas denominadas Desértico Costero y Desértico (definida en la Norma Técnica EM.110) utilizar plantas Xerófilas.<sup>61</sup>

---

<sup>57</sup> Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2015): *Normas Legales 560155-Código Técnico de Construcción Sostenible*, Lima, El Peruano.

<sup>58</sup> *Íbid.*

<sup>59</sup> *Íbid.*

<sup>60</sup> *Íbid.*

<sup>61</sup> *Íbid.*

**Guía de la Etiqueta de Eficiencia Energética:**

**Norma Técnica Peruana 370.101-2 2008: “Etiquetado de eficiencia energética para lámparas fluorescentes compactas”**

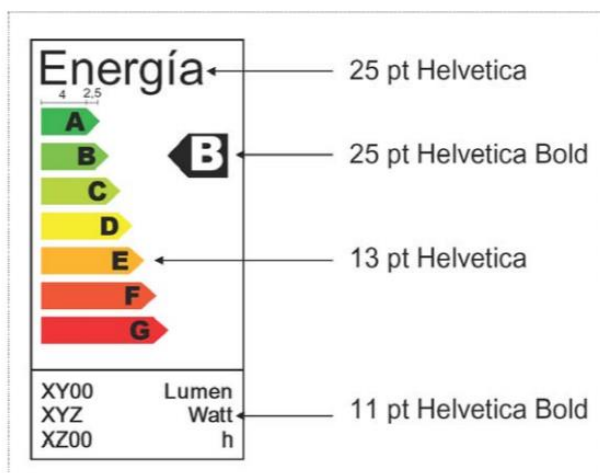
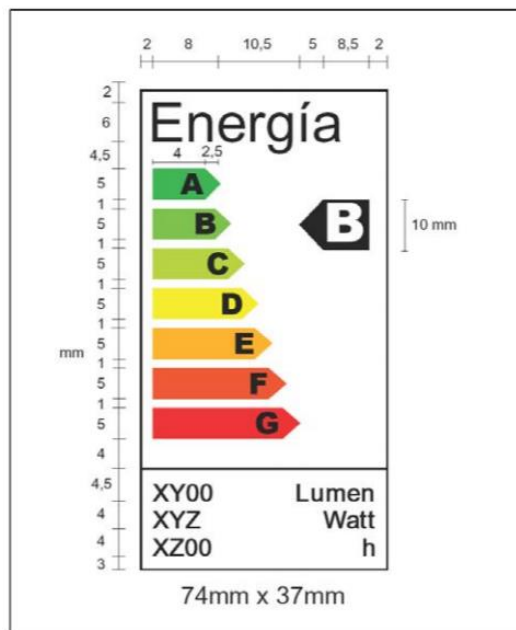


Figura 33: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009): Etiqueta de eficiencia energética en lámparas de uso doméstico. Norma Técnica Peruana NTP 370.102-2 2008, Lima, Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Electricidad Guía de la Etiqueta de Eficiencia Energética.

**Norma Técnica Peruana 399.483 2007: “Eficiencia Energética en artefactos refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores de uso doméstico”.**

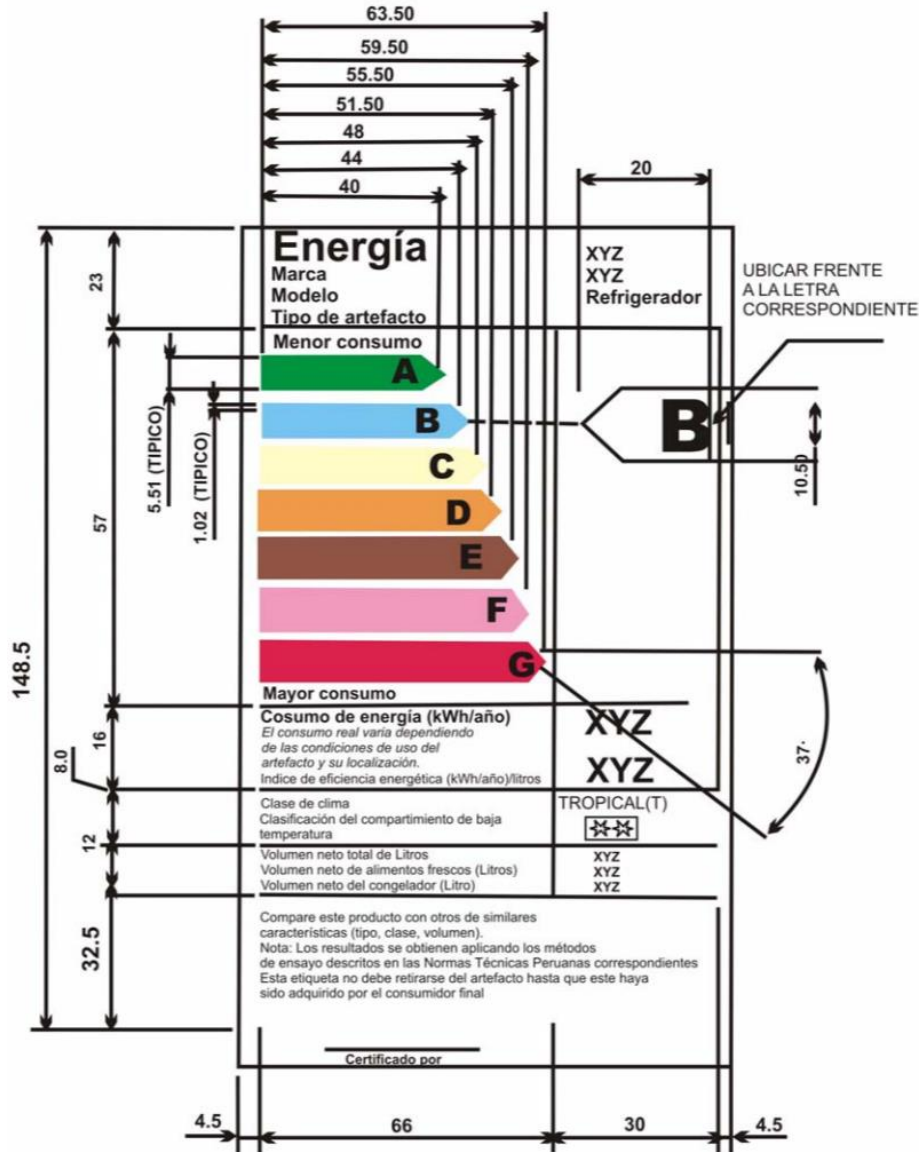


Figura 34: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009): Eficiencia Energética en artefactos refrigeradores, refrigeradores-congeladores y congeladores de uso doméstico. Norma Técnica Peruana NTP 399.483 2007, Lima, Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Electricidad Guía de la Etiqueta de Eficiencia Energética.

## **Análisis y Comentarios de la Normativa Existente**

### **Reglamento Nacional de Edificaciones:**

- El Reglamento Nacional de Edificaciones no es muy riguroso respecto a la envolvente. Las exigencias están por debajo de Estándares Internacionales como PassivHaus o CTE (Código Técnico de Edificación – España).
- En el Caso de los muros, y para la zona climática de Lima Basta con muro simple de ladrillo de 12 cm, con una U de 1.99 W/m<sup>2</sup>K.
- En las Ventanas no se exige un mínimo de Transmitancia térmica, eso explica porque el uso de vidrios monolíticos con marcos simples de Aluminio es común en Perú y en Lima.
- Con respecto al Confort Lumínico, las exigencias son menos rigurosas que la ISO-8995 CIE S 008/E “Lighting of indoor work places”, un standard admitido por WELL Certified en el Apartado de Iluminación.

### **Código Técnico de la Construcción Sostenible**

- La eficiencia energética no hace referencia a demandas de Calefacción o Refrigeración, no se habla de un mínimo de kW/m<sup>2</sup>. Tampoco en consumo eléctrico. Se solicita instalar luminarias y aparatos eléctricos eficientes.
- Se solicita instalar sistemas de ACS solar-térmicos en zonas bioclimáticas donde se permita.
- Con respecto a la gestión del agua, no se hace referencia a consumos. Se solicita usar equipos sanitarios eficientes, aunque no se especifica la eficiencia en las griferías.
- Se solicita tener sistemas de reciclado de aguas grises en edificios de mayor envergadura.

## 3. DISEÑO

### 3.1 Evaluación

#### 3.1.1. Exergía

Es lógico plantear estrategias de diseño que tomen en consideración las oportunidades que ofrece el Ambiente y el Entorno sobre todo en un clima cuyas temperaturas están cercanas a las de Confort, sin presentar variaciones significativas durante el día y durante el año,

Surge así, el concepto de Exergía dentro las estrategias para el ahorro y optimización energética de los edificios. La exergía de un sistema se define como la energía o trabajo resultante de la relación entre un sistema y un entorno específico de referencia.<sup>62</sup> Los edificios del futuro deben maximizar su desempeño tomando en consideración el ambiente y el entorno de la misma manera en que los árboles lo hacen. La forma de los árboles es resultado de la competición por los recursos: las ramas crecen y se mueven en búsqueda de luz, y las raíces van en búsqueda de nutrientes y agua.<sup>63</sup>

#### 3.1.2. Metodología

Como se mencionó previamente, el objetivo de este caso estudio es buscar y validar las características de la envolvente en el diseño con un potencial de ahorro energético y optimización de la calidad ambiental interior; cuando se tienen distintas alternativas en la configuración de los cerramientos, todas las posibilidades y consecuencias relevantes deben ser consideradas a la hora de ser evaluadas. En ese sentido, un enfoque adecuado es realizar un análisis comparable y cuantificable de las distintas opciones de cerramientos más usuales y disponibles en Lima.

---

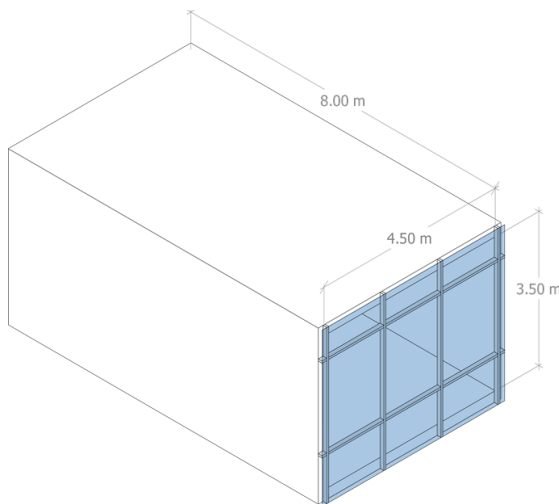
<sup>62</sup> Dincer I. y Rosen M., (2013). *Exergy: Energy, Environment, and Sustainable Development*, 2<sup>nd</sup> ed. Oxford: Elsevier.

<sup>63</sup> Fernández, C., Muñoz, A., Du H., Echevarría J., Ramos G., (2018). Exergy as a Measure of Sustainable Retrofitting of Buildings, *Energies* 2018, pp. 3. Doi: 10.3390/en11113139

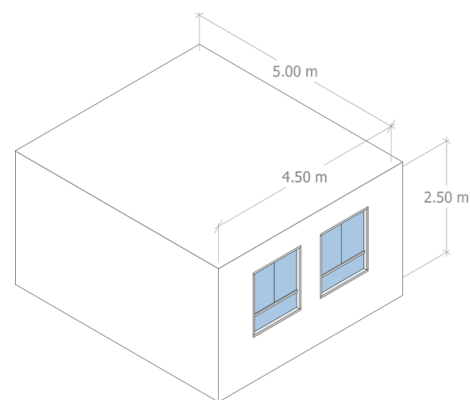
## Unidad Funcional

Dentro de esta metodología, se escogieron dos tipologías de Edificaciones de Altura más usuales según su funcionamiento: Edificios Residenciales y Edificios de Oficinas o Instituciones, las distintas opciones se compararon con respecto a la siguiente unidad funcional:

- Para edificios de Oficinas e instituciones, se definió un módulo típico considerando la distribución más usual dentro de esta tipología, las plantas típicas de Oficinas cuentan con un núcleo central de circulación y una planta libre en el perímetro a ser configurada posteriormente según los requerimientos de los usuarios. Las dimensiones evaluadas fueron de 8.00m x 4.50m x 3.50 de altura (piso a techo, sin considerar el techo técnico). Se consideraron los muros intermedios, losa y techo como adiabáticos, y en la fachada de 4.50m x 3.50m fue donde cambiaron las configuraciones para ser evaluadas.
- Para edificios Residenciales, se definió un Ambiente típico de Residencia con unas dimensiones de 5.00m x 4.50m y 2.50m de altura (piso a techo). Se consideraron los muros intermedios, losa y techo como adiabáticos, y en la fachada de 4.50m x 2.50m fue donde cambiaron las configuraciones para ser evaluadas.



U.F. OFICINAS / INSTITUCIONES



U.F. RESIDENCIAS

Figura 35: Unidad Funcional de Oficinas/Instituciones y Unidad Funcional de Residencias [elaboración propia]



## **Criterios de Simulación**

En la evaluación se realizaron modelos de la Unidad funcional utilizando el software de simulación DesignBuilder utilizando el motor EnergyPlus. Para cada configuración, se hicieron 4 simulaciones en cada orientación: Norte, Sur, Este y Oeste y se promediaron los resultados, siendo la media de este resultado el valor con el que se realizaron las comparaciones.

Se evaluaron 4 criterios donde la configuración del cerramiento tiene una influencia directa tanto en la calidad ambiental interior como en el consumo energético, estos fueron: Confort Térmico, Iluminación Natural, Ventilación Natural y Acústica. Se tomaron como referencia estándares Nacionales como Internacionales en las evaluaciones tales como: ASHRAE, WELL Certified, Código Técnico de la Edificación (España), Reglamento Nacional de Edificaciones (Perú), entre otros especificados en la sección de Optimización.

## **3.2 Optimización**

### **3.2.1. Confort Térmico**

Según ASHRAE 55, el Confort Térmico es la condición mental en la cual se expresa satisfacción con el entorno térmico, y como depende de varios factores tanto psicológicos como fisiológicos las condiciones del ambiente no son las mismas para todos.

Los seis factores primordiales que definen la condición de confort son: Actividad metabólica (met), nivel de Arropamiento (clo), temperatura del Aire, temperatura Radiante, velocidad del Aire, Humedad.<sup>64</sup>

#### **3.2.1.1. Antecedentes**

El ambiente térmico interior no solo impacta en el consumo energético de los edificios, demandas de refrigeración y calefacción, llegando en algunos climas siendo aproximadamente la mitad de la energía consumida en la edificación,<sup>65 66</sup> pero también

---

<sup>64</sup> ASHRAE (2017): *ASHRAE STANDARD 55-2017*, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)

<sup>65</sup>Chua K., Chou S., Yang W., Yan J. (2013): *Achieving better energy-efficient air conditioning – A review of technologies and strategies*. Appl Energy. 2013;104:87-104. doi:10.1016/J.APENERGY.2012.10.037.

<sup>66</sup> Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout. C. (2008): *A review on buildings energy consumption information*. Energy Build. 2008;40(3):394-398. doi:10.1016/J.ENBUILD.2007.03.007.

juega un rol importante en la forma en cómo experimentamos los lugares donde vivimos y trabajamos.<sup>67</sup> El confort térmico está relacionado con la salud y productividad de las personas<sup>68 69 70</sup> y está catalogado como uno de los factores que mayor impactan en la satisfacción personal en los edificios.<sup>71 72</sup>

Un discomfort térmico puede tener un rol importante en la aparición de síntomas del síndrome del edificio enfermo, causando una reducción en la productividad.<sup>73 74</sup> El confort térmico es un problema en la mayoría de las tipologías de edificios, donde se han estudiado resultados similares en una amplia variedad de entornos, incluyendo instituciones educativas<sup>75 76</sup> y edificios residenciales.<sup>77</sup>

### 3.2.1.2. Criterios de Evaluación

Según ASHRAE 55, se deben cumplir con los siguientes requisitos para el confort térmico: Temperatura Operativa, Límites de humedad. Velocidad del Aire, discomfort térmico local, y variación de temperatura en el tiempo.<sup>78</sup> En la evaluación se tomo el modelo computarizado para aplicación general de Porcentaje Predicho de Insatisfacción (Predicted Percentage of dissatisfied -PPD) y Voto medio Predicho (Predicted mean vote-

---

<sup>67</sup> Nicol JF, Humphreys MA. (2002): *Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings*. Energy Build. 2002;34(6):563-572. doi:10.1016/S0378-7788(02)00006-3.

<sup>68</sup> Mendell MJ, Fisk WJ, Kreiss K, (2002): *Improving the health of workers in indoor environments: priority research needs for a national occupational research agenda*. Am J Public Health. 2002;92(9):1430-1440. [online]. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12197969>

<sup>69</sup> Fisk W. (2002): *Indoor Air Quality Handbook*. New York: McGraw Hill.

<sup>70</sup> Fisk W. (2002): *How IEQ Affects Health, Productivity*. 2002. [online]. Disponible en <http://doas-radiant.psu.edu/fisk.pdf>.

<sup>71</sup> Zhang A. (2003): *Human thermal sensation and comfort in transient and non-uniform thermal environments*. [online]. Disponible en <https://escholarship.org/uc/item/11m0n1wt>.

<sup>72</sup> Frontczak MWP. (2011): *Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments*. Build Environ. 2011;46(4):922-937. doi:10.1016/J.BUILDENV.2010.10.021.

<sup>73</sup> Huizenga C, Abbaszadeh S, Zagreus L, Zagreus L, Arens E. (2006): *Air quality and thermal comfort in office buildings: Results of a large indoor environmental quality survey*. In: Proceedings of Healthy Buildings 2006. Vol 3. 2006:393-397.

<sup>74</sup> Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO (2000): *The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity*. Indoor Air. 2000;10(4):222-236. [online]. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11089327>.

<sup>75</sup> Wargocki P, Wyon D. (2017): *Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork*. Build Environ. 2017;112:359-366. doi:10.1016/J.BUILDENV.2016.11.020.

<sup>76</sup> Xiong J, Lian Z, Zhou X, You J, Lin Y. (2016): *Potential indicators for the effect of temperature steps on human health and thermal comfort*. Energy Build. 2016;113:87-98. doi:10.1016/J.ENBUILD.2015.12.031.

<sup>77</sup> Ormandy D, Ezratty V.(2012): *Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies*. Energy Policy. 2012;49:116-121. doi:10.1016/J.ENPOL.2011.09.003.

<sup>78</sup> ASHRAE (2017): *ASHRAE STANDARD 55-2017*, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)

PMV). El PMV utiliza los seis factores de confort térmico para relacionarlos con la respuesta promedio que tendrían las personas en una escala de sensación térmica asumiendo el voto de ellas +2, +3 o -3; y PPD está relacionado con el PMV siendo el porcentaje de personas que presentan un disconfort.<sup>79</sup> Los valores de consigna considerados fueron de PPD < 10%, PMD < +- 0.5, según ASHRAE 55<sup>80</sup>, y exigidos en WELL Certified.<sup>81</sup>

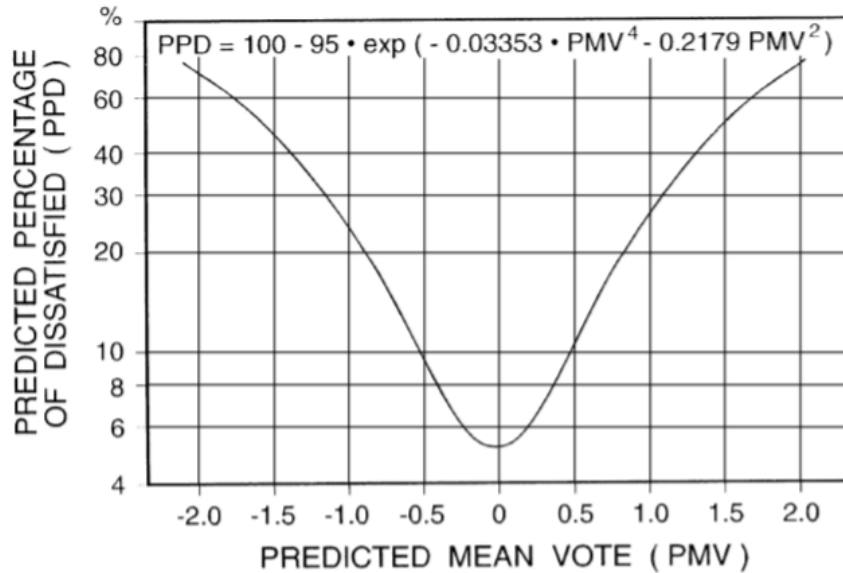


Figura 36: ASHRAE (2017): Porcentaje Predicho de Insatisfacción (PPD) en función a Voto Medio Predicho (PMV), Atlanta: Approved American National Standard (ANSI).

**Acceptable Thermal Environment for General Comfort**

PPD	PMV Range
< 10	-0.5 < PMV < + 0.5

Figura 37:ASHRAE (2017): Ambiente térmico aceptable para Confort General, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI).

<sup>79</sup> ASHRAE (2017): ASHRAE STANDARD 55-2017, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)

<sup>80</sup> ASHRAE (2017): ASHRAE STANDARD 55-2017, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)

<sup>81</sup> International Well Building Institute (2020): WELL v2 Thermal Comfort Feature, T01 Thermal Performance. Part 1: Support Thermal Environment [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/thermal%20comfort/feature/1>

### 3.2.1.3. Resultados

#### Unidad Funcional: Residencias

Para la ventilación se consideraron una introducción de 10.0 l/s por persona de aire exterior; para la iluminación se definieron 200 lux a la altura en la mesa de trabajo<sup>82</sup>; una actividad metabólica de 0.9 met; un arropamiento de 1.0 clo en invierno y 0.50 clo en verano; una densidad de 0.022 ocupantes por m<sup>2</sup>.

#### Resultados:

El detalle de los resultados de las simulaciones energéticas se encuentra en los Anexo 1.

#### AISLAMIENTO

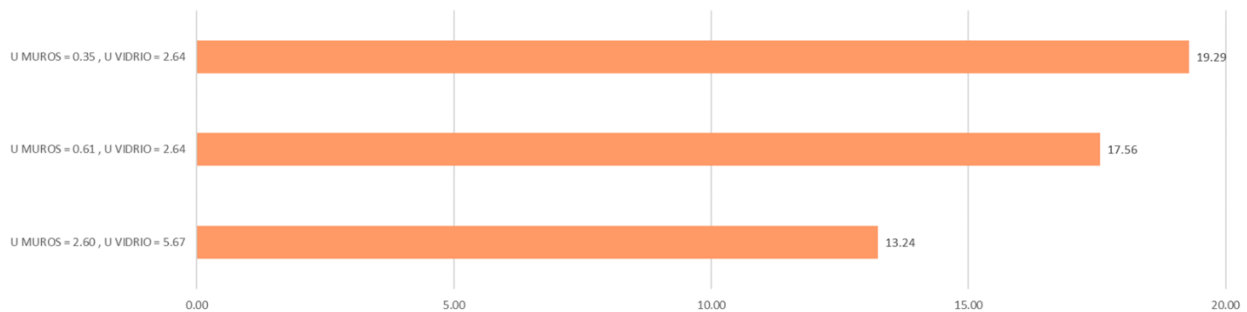


Figura 38:U.F. Residenciales: Window to Wall Ratio, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

Se evaluaron tres tipos de envolventes: la primera, con un muro de ladrillo sencillo con una  $U = 2.60 \text{ W/m}^2\text{K}$  y un acristalamiento monolítico  $U = 5.67 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; la segunda, con un muro de ladrillo con 5 cm de aislamiento con una  $U = 0.61 \text{ W/m}^2\text{K}$  y un acristalamiento monolítico  $U = 2.64 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; la tercera, con un muro de ladrillo con 10cm de aislamiento una  $U = 0.35 \text{ W/m}^2\text{K}$  y un acristalamiento monolítico  $U = 2.64 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

En los resultados obtenidos, se determinó que la opción con mayor transmitancia térmica tuvo mejores resultados y una demanda refrigeración más baja, esto se debe a que tiene mayor capacidad de disipar el calor hacia el exterior.

<sup>82</sup> CIE, International Commission on Illumination (2002): ISO 8995-2002 (E) *Lighting of indoor work places*, Ginebra: International Organization for Standardization ISO.

## WINDOW TO WALL RATIO

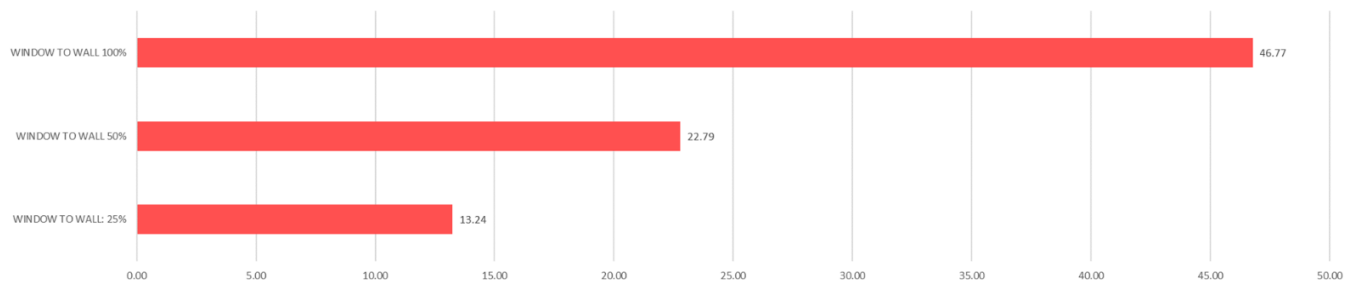


Figura 39:U.F. Residenciales: Window to Wall Ratio, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

Se evaluaron 3 tipos de Relación Vidrio – Cerramiento Opaco: la primera con 25% de área acristalada, la segunda con 50% del área acristalada y la tercera con el 100% del área acristalada. Mientras menores sean las superficies acristaladas, menor será el ingreso de radiación solar, y por ende menor la demanda de refrigeración.

## PROTECCIÓN SOLAR

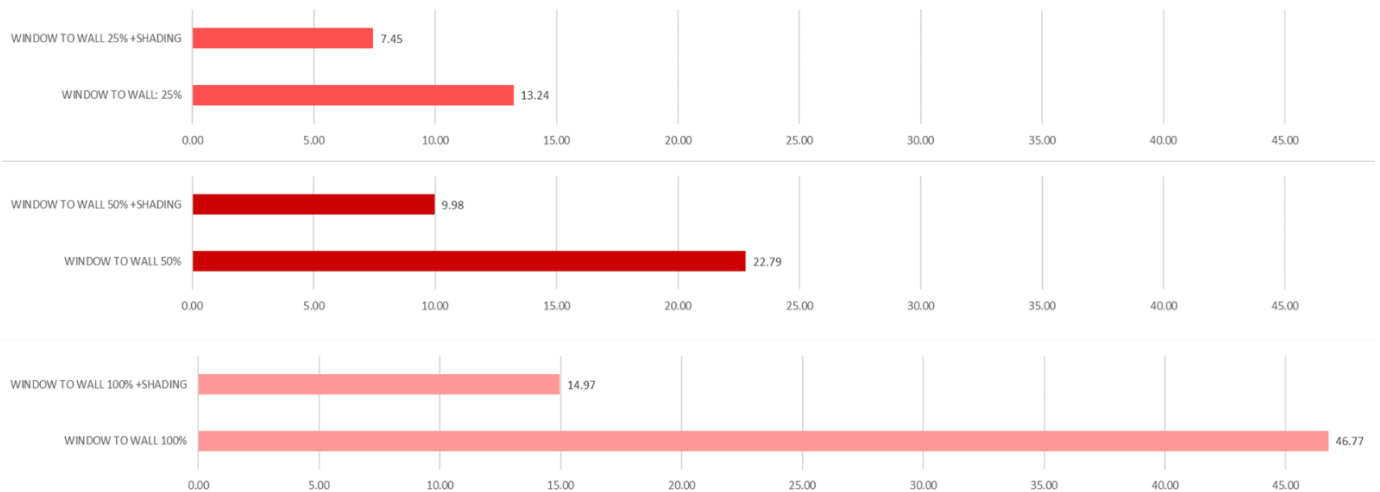


Figura 40:U.F. Residenciales: Protección Solar, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

En los sombreados evaluados se siguió las sugerencias dictaminadas en el Reglamento Nacional de Edificaciones Peruano para la Latitud de Lima en cada orientación: Norte, Sur, Este, Oeste.

La protección solar es la medida más relevante en el diseño de los departamentos, sobre todo si se tiene grandes superficies acristaladas.

### **Unidad Funcional: Oficinas/Instituciones**

Al igual que en la Unidad Funcional de Residencias, las simulaciones se realizaron en DesignBuilder bajo los siguientes criterios de condiciones interiores exigidos por WELL CERTIFIED<sup>83</sup>:

Para la ventilación se consideraron una introducción de 12.5 l/s por persona de aire exterior (Consideraciones de IDA2 de CIBSE)<sup>84</sup>; para la iluminación se definieron 500 lux a la altura en la mesa de trabajo<sup>85</sup>; una actividad metabólica de 0.9 met; un arropamiento de 1.0 clo en invierno y 0.85 clo en verano; una densidad de 0.11 ocupantes por m<sup>2</sup>; y un horario de oficina progresivo de 7:00 am a 20:00 pm de lunes a viernes, sábados y domingos sin considerar ocupación los días festivos.

### **Resultados:**

El detalle de los resultados de las simulaciones energéticas se encuentra en los Anexo 2.1 y Anexo 2.2.

### **REFRIGERACIÓN:**

Según las simulaciones realizadas en Unidad Funcional, se requiere Refrigeración durante Todo el Año; las ganancias internas tanto por ocupación como por equipamiento son altas. No se requiere calefacción ya que la temperatura de bulbo seco durante las horas ocupadas está por encima de 15°C, y sólo hubo 12 horas al año en la que la Temperatura exterior fue menor a 14°C durante la mañana.

La mayor fuente de ganancias internas se deben a Ocupación, Equipamiento, Iluminación y Radiación Solar.

---

<sup>83</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Concepts and Features* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/concepts>

<sup>84</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Air Feature, Ventillation Effectiveness* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>

<sup>85</sup> CIE, International Commission on Illumination (2002): *ISO 8995-2002 (E) Lighting of indoor work places*, Ginebra: International Organization for Standardization ISO.

## HERMETICIDAD

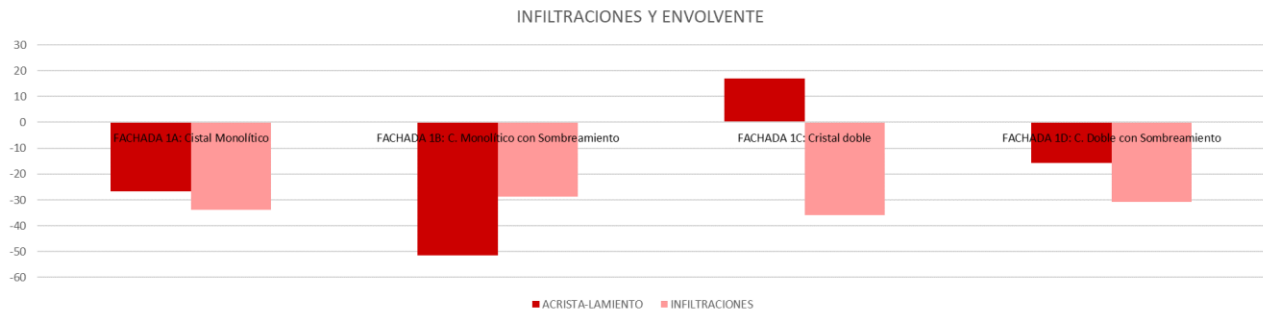


Figura 41:U.F. Instituciones/Oficinas: Infiltraciones y envolvente, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

La simulación realizada en DesigBuilder demostró que, debido a las elevadas ganancias internas y al clima de Lima, una envolvente con una baja hermeticidad que permita infiltraciones de aire exterior va a tener mejor desempeño energético.

## WINDOW TO WALL RATIO

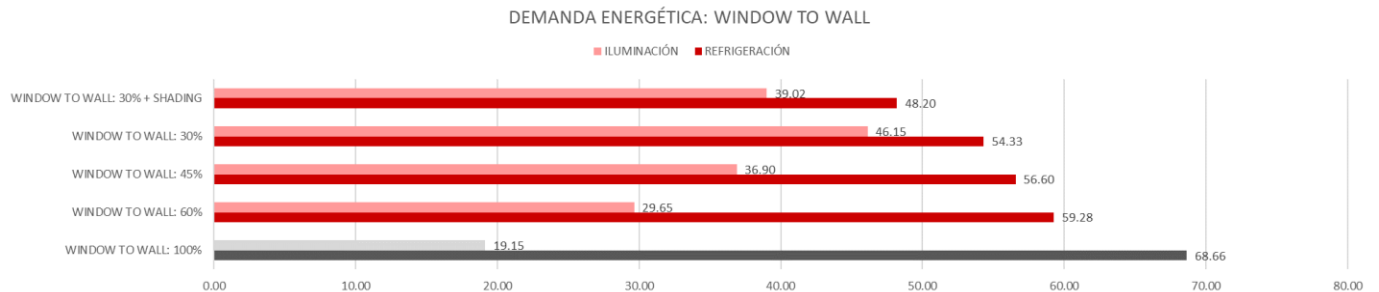


Figura 42:U.F. Instituciones/Oficinas: Window to Wall Ratio, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

En el caso de Window to Wall Ratio (proporción entre el porcentaje de aperturas transparentes y cerramiento opaco), si bien un menor porcentaje de acristalamiento reduce las ganancias por radiación solar y por consiguiente una menor demanda de refrigeración, la demanda de iluminación natural se incrementa. En este sentido, es conveniente encontrar un balance entre ambas.

## AISLAMIENTO/ACRISTALAMIENTO

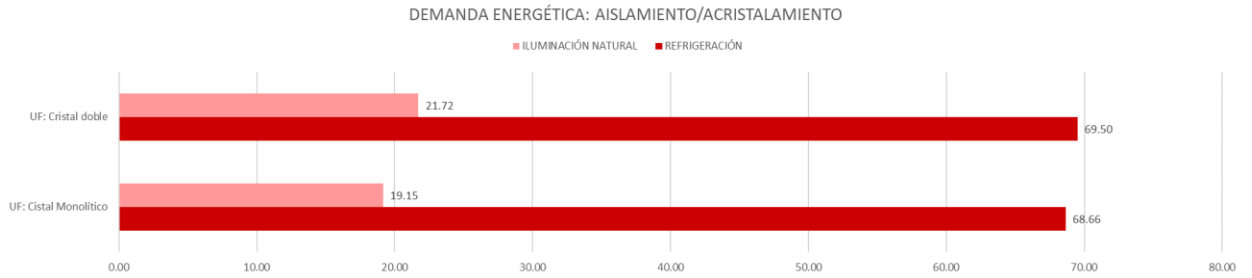


Figura 43:U.F. Instituciones/Oficinas: Aislamiento/Acrislamiento, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

Al igual que con las infiltraciones, una envolvente con una alta transmisividad va a permitir una disipación de calor hacia el exterior, resultando en una menor demanda energética en refrigeración.

## FACTOR SOLAR

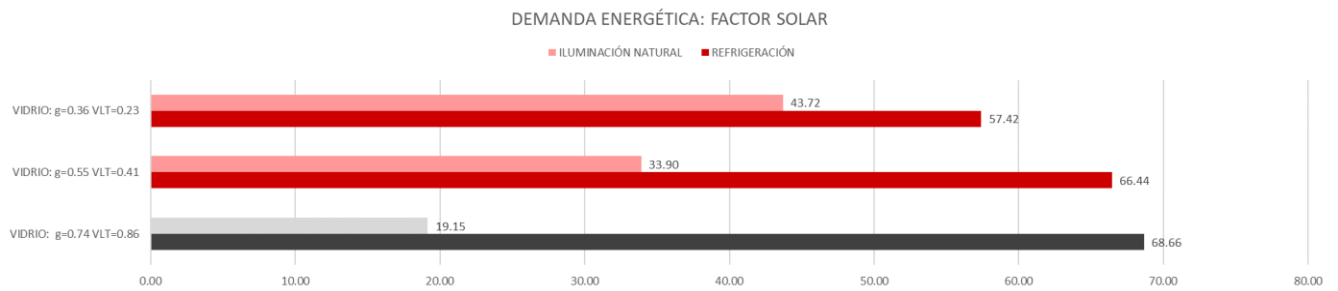


Figura 44:U.F. Instituciones/Oficinas: Factor Solar, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

Un menor Factor solar reduce el ingreso de radiación solar hacia el interior, y por ende una menor demanda de refrigeración. Sin embargo, el VLT (visible light transmittance) está directamente relacionado con el factor solar; a menor factor solar, menor será este coeficiente y menor luz natural ingresará hacia el interior, aumentando la demanda de iluminación artificial.



## PROTECCIÓN SOLAR

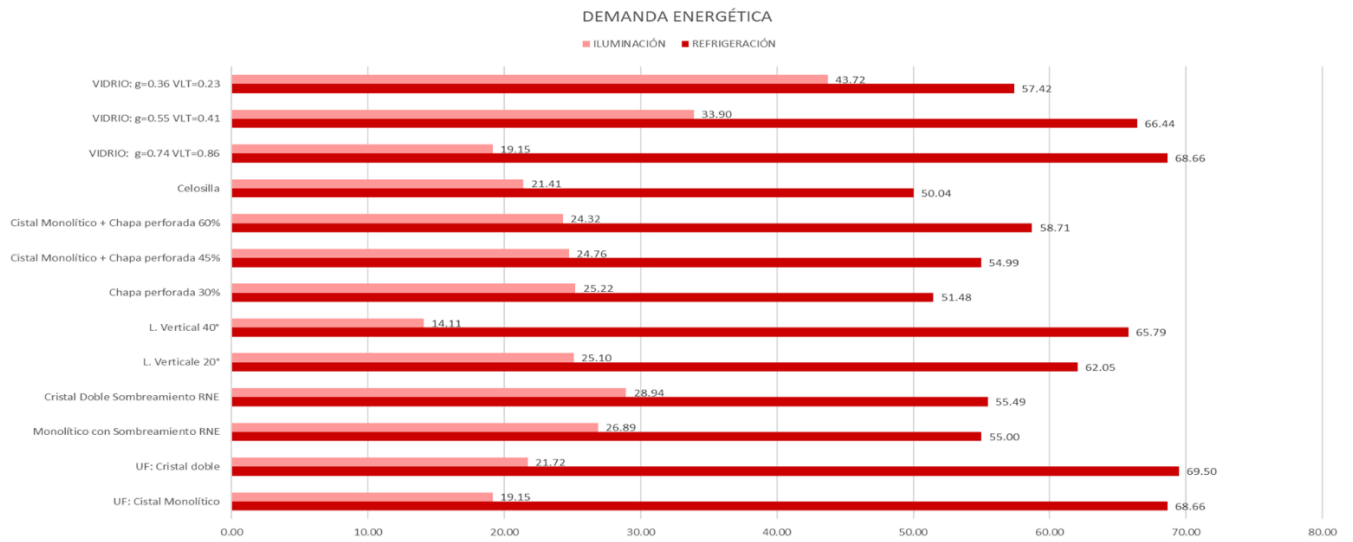


Figura 45:U.F. Instituciones/Oficinas: Factor Solar, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

Entre las medidas evaluadas, la protección solar es una de las más importantes, estas pueden reducir hasta en un 27% la demanda de Refrigeración. Las estrategias en el diseño de los sombreadinetos deben estar orientada en reducir el ingreso de radiación solar hacia el interior sin minimizar el ingreso de

### 3.2.2. Iluminación Natural

Siguiendo los conceptos de WELL Standard, los edificios deben promover la exposición de luz dentro de los ambientes para una iluminación óptima para la visión, y la salud mental y física.<sup>86</sup> La luz entra al cuerpo humano a través de los ojos, donde es detectada por fotorreceptores en la retina que están vinculados a los sistemas visuales y circadianos. Los fotorreceptores incluyen bastones, conos y células ganglionares en la retina intrínsecamente fotosensibles.<sup>87</sup>

<sup>86</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Light Feature, Light Overview* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/light>

<sup>87</sup> Provencio I. (2011): *The hidden organ in your eyes*. *Sci Am.* 2011;304(5):54-59. doi:10.1038/scientificamerican0511-54.

### 3.2.2.1. Antecedentes

El ambiente lumínico donde las personas pasa su tiempo impacta en la salud visual, mental y circadiana. Actualmente, las condiciones de iluminación en la mayoría de los espacios se diseñan para cumplir con las necesidades visuales de los usuarios, pero no toman en consideración la salud mental y circadiana, condiciones requeridas para una óptima salud y bienestar.<sup>88</sup>

La exposición a la luz estimula el sistema circadiano, que regula ritmos fisiológicos en los tejidos del cuerpo y órganos, como los niveles de hormonas y el ciclo sueño-vigilia.<sup>89</sup> El ritmo circadiano es la sincronización de los relojes internos que tienen los humanos con un ciclo de aproximadamente 24 horas, y el ritmo circadiano se sincroniza con el ciclo natural noche-día a través de varias señales ambientales, entre las cuales se encuentra la luz. El ojo tiene fotorreceptores que no forman imágenes, pero contienen el pigmento melanopsina y son responsables de la sincronización circadiana.<sup>90</sup>

Para mantener una óptima y adecuada sincronización con los ritmos circadianos, el cuerpo requiere periodos de luz y oscuridad; todo tipo de luz, no solamente luz solar, contribuye con la estimulación circadiana.<sup>91</sup>

Adicionalmente, la exposición a la luz ha sido relacionada con la salud y afecta en el proceso sanativo. Cuartos con grandes ventanas orientadas al sol reducen el tiempo de recuperación en pacientes que sufren de depresión, y pacientes recuperándose de ataques al corazón en comparación a personas afectadas de manera similar en habitaciones con ventanas que dan hacia edificios u otras obstrucciones;<sup>92</sup> estudios

---

<sup>88</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Light Feature, Light Overview* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/light>

<sup>89</sup> Czeisler CA, Gooley JJ. (2007): *Sleep and circadian rhythms in humans*. *Cold Spring Harb Symp Quant Biol.* 2007;72:579-597. doi:10.1101/sqb.2007.72.064

<sup>90</sup> Lucas RJ, Peirson SN, Berson DM, (2013): *Measuring and using light in the melanopsin age*. *Trends Neurosci.* 2014;37(1):1-9. doi:10.1016/j.tins.2013.10.004.

<sup>91</sup> Pickard GE, Sollars PJ. (2012): *Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells*. *Rev Physiol Biochem Pharmacol.* 2012;162:59-90. doi:10.1007/112\_2011\_4.

<sup>92</sup> Joarder AR, Price ADF (2012): *Impact of daylight illumination on reducing patient length of stay in hospital after coronary artery bypass graft surgery*. *Light Res Technol.* 2012;45(4):435-449. doi:10.1177/1477153512455940.

demuestran que la exposición a luz tiene un impacto en el humor y reduce los síntomas de depresión en los individuos.<sup>93</sup>

### 3.2.2.2. Criterios de Evaluación

Para la evaluación del acceso a luz natural dentro de los ambientes interiores, se tomaron criterios de WELL Standard. Los sistemas de evaluación sDA y ASE son dinámicos y basados en la ubicación y ponderan el performance durante todo el año.<sup>94</sup>

#### sDA: Spatial Daylight Autonomy

Describe cuanta área en un espacio recibe suficiente luz natural. Describe el porcentaje del área que recibe al menos 200 lux en un 40% de las horas anuales ocupadas.<sup>95</sup>

#### ASE: Annual Sunlight exposure

Describe cuanta área recibe mucha luz solar directa, que puede causar discomfort o deslumbramiento, al igual que incrementar las cargas de refrigeración. Mide el porcentaje del área que recibe al menos 1000 lux por al menos 250 horas ocupadas.<sup>96</sup>

---

<sup>93</sup> Lam RW, Levitt AJ, Levitan RD (2016): *Efficacy of bright light treatment, fluoxetine, and the combination in patients with nonseasonal major depressive disorder a randomized clinical trial*. JAMA Psychiatry. 2016;73(1):56-63. doi:10.1001/jamapsychiatry.2015.2235.

<sup>94</sup> Sterner C. (2017): *Measuring Daylight: Dynamic Daylighting Metrics & What They Mean for Designers* [online]. Disponible en [https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20\(sDA\)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.](https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20(sDA)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.)

<sup>95</sup> Sterner C. (2017): *Measuring Daylight: Dynamic Daylighting Metrics & What They Mean for Designers* [online]. Disponible en [https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20\(sDA\)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.](https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20(sDA)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.)

<sup>96</sup> Sterner C. (2017): *Measuring Daylight: Dynamic Daylighting Metrics & What They Mean for Designers* [online]. Disponible en [https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20\(sDA\)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.](https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20(sDA)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.)

Los valores de consigna según WELL Standard son: Spatial Daylight Autonomy sDA<sub>200,40%</sub> en el 30% del espacio regularmente ocupado.<sup>97</sup> Annual Sunlight exposure ASE<sub>1000,250</sub> no mayor en el 10% del espacio regularmente ocupado.<sup>98</sup>

### 3.2.2.3. Resultados

#### ANNUAL SUNLIGHT EXPOSURE Y SPATIAL DAYLIGHT AUTONOMY

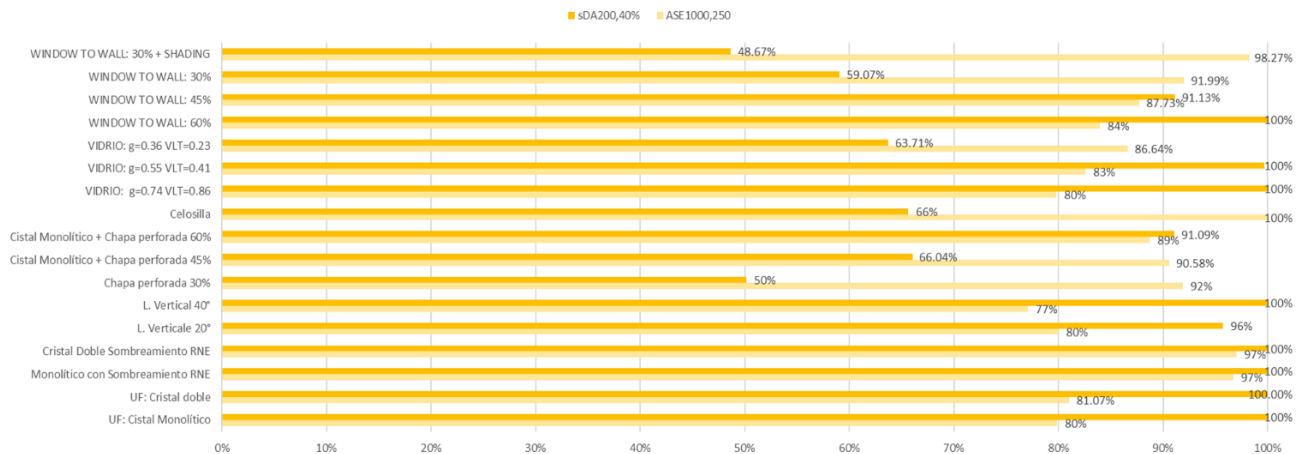


Figura 46: U.F. Instituciones/Oficinas: Iluminación Natural, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

En las simulaciones realizadas en DesignBuilder de la Unidad funcional de Fachada Típica de Oficinas, los niveles de sDA (spatial daylight autonomy) representan el 100%, pero los niveles de ASE son del 80%; estos valores están por debajo a los recomendados por WELL CERTIFIED, es decir se generan deslumbramientos molestos causados por el sol.

Al implementar estrategias de protección solar evaluadas en el punto 3.2.1.3 del presente documento se minimizan, en la mayoría de los casos, los efectos del deslumbramiento solar, llegando a los valores de consigna en ASE (por encima del 90%); pero, el ingreso

<sup>97</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Light Feature, L01 Light Exposure and Education* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/light/feature/1>

<sup>98</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Light Feature, L04 Glare Control* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/light/feature/4>

de luz natural hacia interior se reduce hasta en un 50% como se puede observar en los niveles de sDA.

A la hora de elegir un sistema de sombreado en la fachada, se debe tener en consideración la reducción de la radiación solar, la minimización de los efectos de deslumbramiento (ASE), y el ingreso de la mayor cantidad de iluminación interior (sDA).

### 3.2.3. Ventilación Natural

Una ventilación adecuada consiste en introducir aire exterior hacia el interior con el objetivo de diluir poluciones producidas por los ocupantes o por los equipos de las edificaciones.<sup>99</sup> La inhalación de sustancias está correlacionado con enfermedades como infecciosas, cáncer, asma, y otras enfermedades infecciosas.<sup>100</sup>

Cuando el clima exterior y los parámetros de calidad de aire exterior son adecuados, se deben fomentar estrategias de ventilación natural.<sup>101</sup>

#### 3.2.3.1. Antecedentes

Lograr una ventilación natural a través de ventanas operables puede proveer de una experiencia positiva.<sup>102</sup> Estudios demuestran que edificios ventilados naturalmente tienen menos personas reportando síntomas del síndrome de edificio enfermo en comparación que edificios ventilados mecánicamente, incluso teniendo condiciones de temperatura y ventilación por debajo de los recomendados.<sup>103</sup> Adicionalmente, estudios

---

<sup>99</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Air Feature, A03 Ventilation Effectiveness* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>

<sup>100</sup> Selgrade MK, Plopper CG, Gilmour MI, Conolly RB, Foos BSP. (2007) *Assessing The Health Effects and Risks Associated with Children's Inhalation Exposures—Asthma and Allergy*. *J Toxicol Environ Heal Part A*. 2007;71(3):196-207. doi:10.1080/15287390701597897.

<sup>101</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Air Feature, A07 Operable Windows* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>

<sup>102</sup> Brager GS. (2013): *Benefits of Improving Occupant Comfort and Well-being in Buildings*. In: *Proceedings of the 4th International Holcim Forum for Sustainable Construction: The Economy of Sustainable Construction*. Mumbai 2013:181-194. [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3> [https://src.lafargeholcim-foundation.org/dnl/93603859-d59e-498a-b056-405d16e39171/F13\\_OrangeWS\\_Brager.pdf](https://src.lafargeholcim-foundation.org/dnl/93603859-d59e-498a-b056-405d16e39171/F13_OrangeWS_Brager.pdf).

<sup>103</sup> Burge S, Hedge A, Wilson S, Bass J, Robertson A. (1987): *Sick Building Syndrome: A study of 4373 office workers*. *Ann Occup Hyg*. 31(4A):493-504. doi:10.1093/annhyg/31.4A.493.

demuestran que hay un beneficio del 7.7% en la productividad asociado con espacios ventilados naturalmente.<sup>104</sup>

Por otro lado, emplear estrategias de ventilación natural representa una oportunidad en el ahorro energético; se reduce la energía empleada en ventilación mecánica y se puede prescindir de sistemas de climatización dependiendo de las características de la edificación, ya que se tienen valores en el confort más permisibles como es el caso del Confort Adaptativo de ASHRAE.

### **3.2.3.2. Criterios de Evaluación**

#### Renovación de Aire

Se tomaron en consideración los criterios de BS EN 13779 ya que estas son aceptadas por WELL Certified<sup>105</sup>; estos cumplen con el objetivo de proyectar espacios que mejor fomenten la calidad de vida de sus usuarios.

Se puso un valor de 12.5 l/s por persona (IDA 2, aire de buena calidad para oficinas y residencias)<sup>106</sup>

---

<sup>104</sup> Wargocki P, Wyon DP, Fanger PO. (2000) *Productivity is affected by the air quality in offices*. *Proc Heal Build*. 2000:635-640. [online]. Disponible en [https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase\\_13466.pdf](https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_13466.pdf).

<sup>105</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Air Feature, A03 Ventilation Effectiveness* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>

<sup>106</sup> British Standards Institution (2007): *BS EN 13779:2007 Ventilation for non-Residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems* Londres: British Standards Institution BS EN 13779:2007

**Table A.10 — CO<sub>2</sub>-level in rooms**

Category	CO <sub>2</sub> -level above level of outdoor air in ppm	
	Typical range	Default value
IDA 1	≤ 400	350
IDA 2	400 – 600	500
IDA 3	600 – 1,000	800
IDA 4	> 1,000	1,200

Table A.11 presents recommended minimum outdoor air rates per person. The design outdoor air rate may also take into account emissions of other sources such as building or furnishing materials.

**Table A.11 — Rates of outdoor air per person**

Category	Unit	Rate of outdoor air per person			
		Non-smoking area		Smoking area	
		Typical range	Default value	Typical range	Default value
IDA 1	l.s <sup>-1</sup> .person <sup>-1</sup>	> 15	20	> 30	40
IDA 2	l.s <sup>-1</sup> .person <sup>-1</sup>	10 – 15	12,5	20 - 30	25
IDA 3	l.s <sup>-1</sup> .person <sup>-1</sup>	6 – 10	8	12 – 20	16
IDA 4	l.s <sup>-1</sup> .person <sup>-1</sup>	< 6	5	< 12	10

Figura 47: British Standards Institution (2007): CO<sub>2</sub> en ambientes, Renovación de Aire por persona. Londres: British Standards Institution BS EN 13779:2007

### Confort Adaptativo

En la evaluación se consideró la posibilidad de prescindir de sistemas de Climatización para lograr un confort térmico tomando el Confort Adaptativo de ASHRAE 55 como guía. El Confort Adaptativo se basa en el principio que de las personas experimentan y se adaptan, hasta cierto punto, a una variedad de condiciones interiores dependiendo de: el clima exterior, diferentes experiencias térmicas, cambios en el arropamiento, capacidad de control y expectativa de los ocupantes; además, se deben cumplir las siguiente condiciones en la edificación: ventanas operables reguladas por los usuarios, ausencia de refrigeración mecánica, puede existir ventilación mecánica, pero debe existir la posibilidad de abrir y cerrar ventanas, los ocupantes pueden adaptar su arropamiento libremente a las condiciones térmicas del exterior.<sup>107</sup>

<sup>107</sup> ASHRAE (2017): ASHRAE STANDARD 55-2017, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)

El Modelo Adaptativo se ajusta bien al clima de Lima porque los límites de la temperatura media mensual exterior no debe ser menor a 10°C ni mayor a 33.5°C<sup>108</sup>, y en Lima se tienen medias mensuales entre 16°C y 24°C.<sup>109</sup>

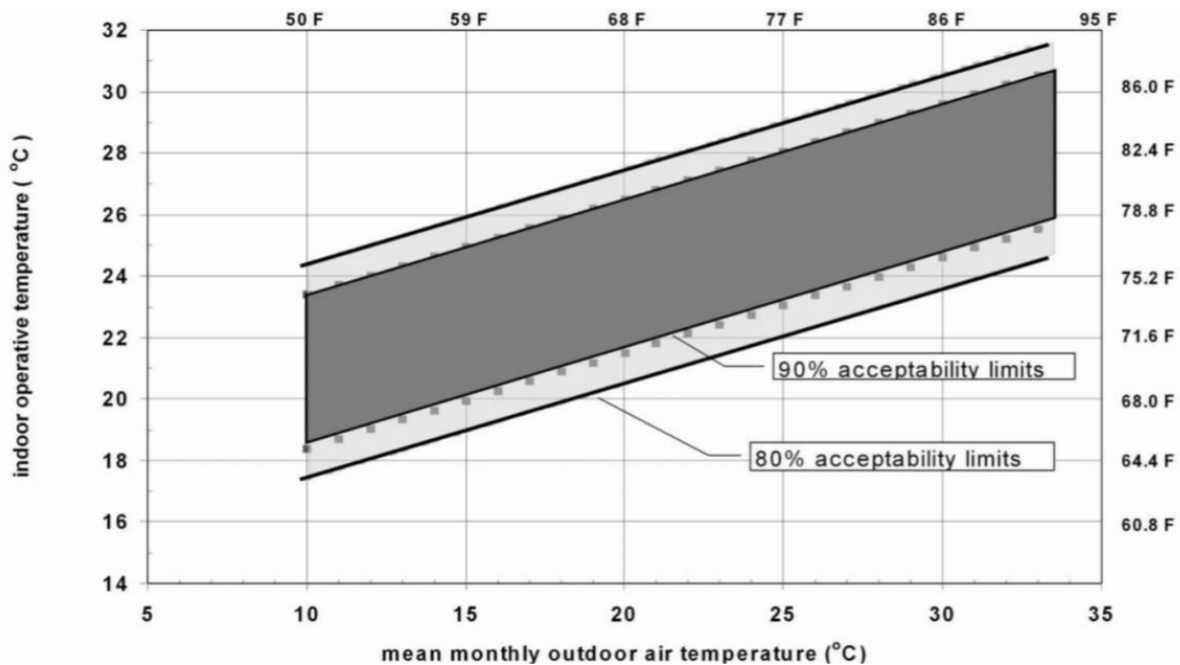


Figura 48:ASHRAE (2017): Rangos de Temperatura Operativa aceptable para espacios naturalmente acondicionados Atlanta: Approved American National Standard (ANSI).

No hay límites en la Humedad y la Velocidad del Aire, y los criterios de disconfort térmico local son similares al modelo climatizado con HVAC. El disconfort térmico local es causado por una variación de temperatura vertical entre los pies y cabezas consecuencia de un campo radiante asimétrico: Asimetría en temperatura radiante, puede deberse a superficies frías o calientes y la radiación solar directa, en general las personas son más sensibles a techos calientes; Corriente de aire, depende de la velocidad del aire, temperatura del aire, turbulencia, actividad y arropamiento; Diferencia vertical de temperatura de aire, especialmente cuando la temperatura de la cabeza es más caliente que la de los pies.<sup>110</sup>

<sup>108</sup> ASHRAE (2017): ASHRAE STANDARD 55-2017, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)

<sup>109</sup> EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]

<sup>110</sup> ASHRAE (2017): ASHRAE STANDARD 55-2017, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)



**TABLE 5.2.4**  
**Percentage Dissatisfied Due to Local Discomfort from Draft (DR) or Other Sources (PD)**

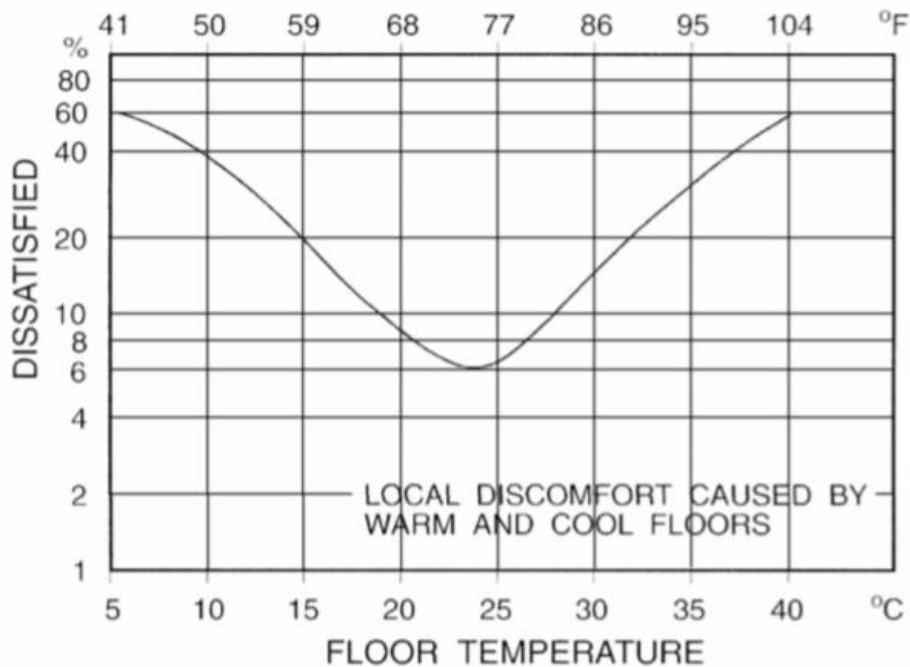
DR Due to Draft	PD Due to Vertical Air Temperature Difference	PD Due to Warm or Cool Floors	PD Due to Radiant Asymmetry
< 20%	< 5%	< 10%	< 5%

Figura 49: ASHRAE (2017): Porcentaje de Disatisfacción debido a corrientes de aire u otras fuentes: Approved American National Standard (ANSI).

**TABLE 5.2.4.1**  
**Allowable Radiant Temperature Asymmetry**

Radiant Temperature Asymmetry °C (°F)			
Warm Ceiling	Cool Wall	Cool Ceiling	Warm Wall
< 5 (9.0)	< 10 (18.0)	< 14 (25.2)	< 23 (41.4)

Figura 50: ASHRAE (2017): Asimetría en la Temperatura Radiante permitida: Approved American National Standard (ANSI).



**Figure 5.2.4.4 Local discomfort caused by warm and cool floors.**

Figura 51: ASHRAE (2017): Discomfort Local causado por pisos cálidos o fríos: Approved American National Standard (ANSI).

### 3.2.3.3. Resultados

#### FREE COOLING

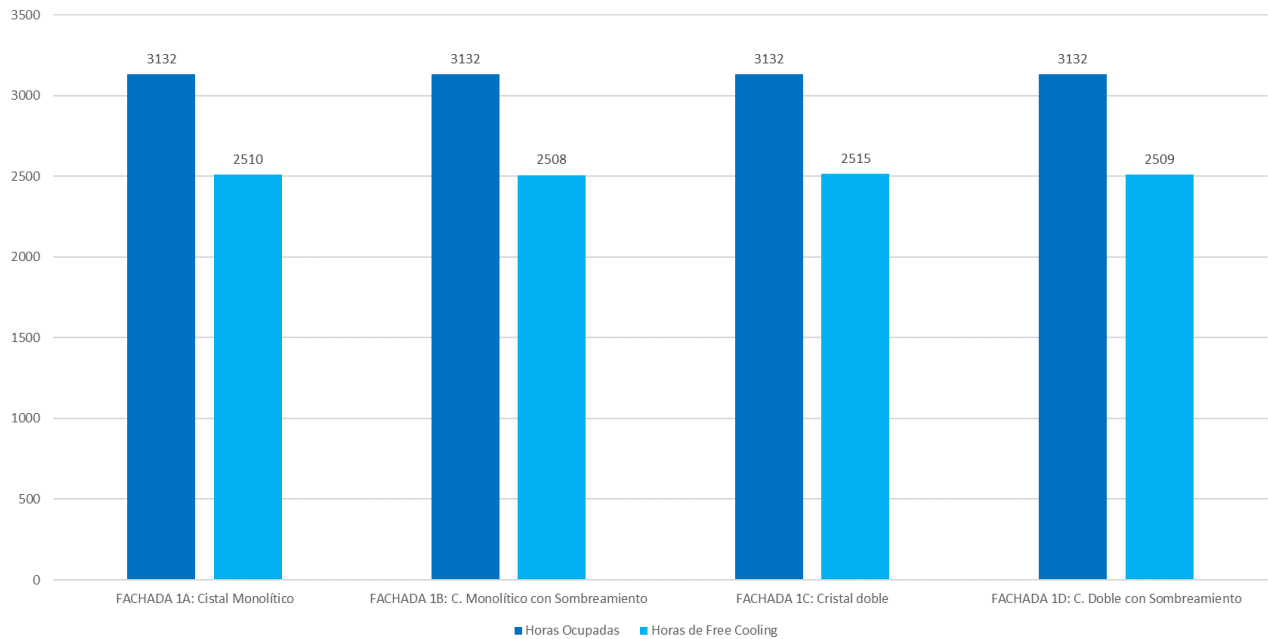


Figura 52:U.F. Instituciones/Oficinas: Horas de Free Cooling en comparación a las Horas Ocupadas, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

En las simulaciones realizadas en DesignBuilder de la Unidad funcional de Oficinas/Instituciones se observa que en el 80% de las horas ocupadas se permiten tener estrategias de Free Cooling, es decir, en el 80% de las horas ocupadas, la temperatura del aire exterior es menor a la temperatura interior. Además, en verano, la temperatura de bulbo seco suele estar entre 19-22°C permitiendo tener un Enfriamiento Nocturno en el edificio.

## VENTILACIÓN NATURAL

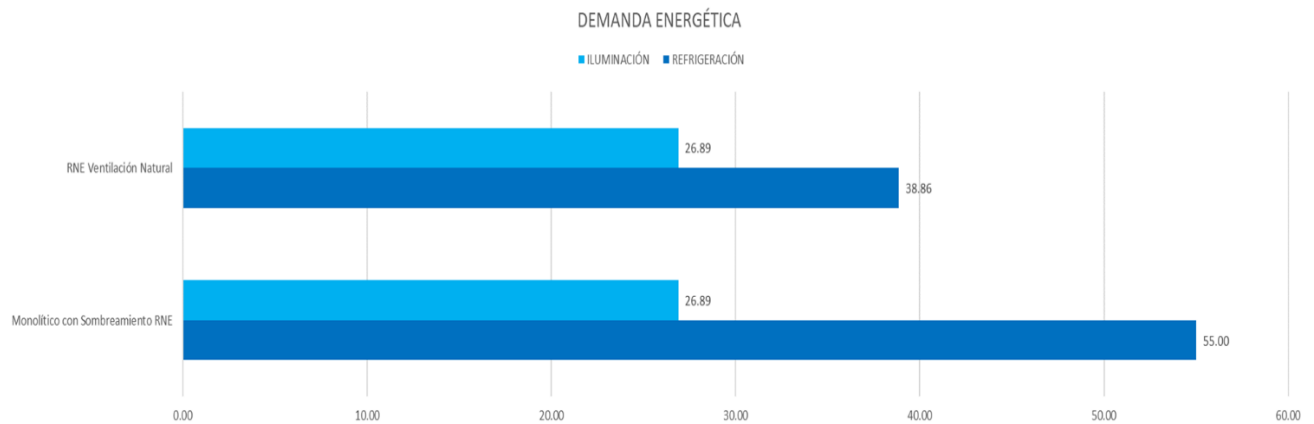


Figura 53:U.F. Reducción en la demanda Energética incorporando Ventilación Natural, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder.

Al incorporar estrategias de ventilación Natural tanto en las renovaciones exigidas por British Standards Institution como en estrategias de climatización, se logró reducir en un 29.34% la demanda de refrigeración en comparación a la misma Fachada con Ventilación Mecánica.

### **3.2.4. Acústica**

La exposición a fuentes de ruidos tales como tráfico y transporte han demostrado disminuir la salud y el bienestar de las personas en formas diferentes.<sup>111</sup> La protección en los elementos de la fachada puede asegurar una mitigación en la intrusión de ruido exterior incrementando el confort, salud y productividad de los ocupantes.<sup>112</sup>

<sup>111</sup> Hänninen O, Knol A. (2011): *European Perspective on Environmental Burden of Disease—Estimates for Nine Stressors in Six European Countries*. Natl Inst Heal Welfare Rep. 2011:95.

<sup>112</sup> Fyhri A, Aasvang GM. (2010) *Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems*. Sci Total Environ. 2010;408(21):4935-4942.

### 3.2.4.1. Antecedentes

Un espacio con una alta intrusión de ruido exterior puede ser descrito con sonidos muy altos y molestos, puede afectar también la comunicación, ilegibilidad, etc.<sup>113</sup> Estudios indican que los trabajadores que no pueden llegar a habituarse al nivel de ruido en la oficina pueden tener estrés, reducir el rendimiento en tareas intelectualmente más demandantes.<sup>114 115</sup>

En Adultos, exposición al ruido de tráfico puede llevar a complicaciones con el sistema cardiovascular, diabetes, hipertensión, depresión, y alta presión en la sangre; <sup>116 117 118</sup> <sup>119</sup> en niños, una crónica exposición a ruido de aviones perjudica la comprensión lectora, aritmética y desarrollo de pruebas.<sup>120 121</sup>

En estudios realizados a personas expuestas a zonas expuestas a ruido de tráfico, tanto residenciales como industriales, se identificaron un incremento en la secreción de Catecolamina en la orina, indicando un incremento en los niveles de estrés.<sup>122</sup>

El incremento en la utilización de materiales constructivos ligeros tiene el potencial de resultar en un bajo rendimiento en la transmisión de sonido en los elementos de la fachada de los edificios.<sup>123</sup>

---

<sup>113</sup> Brammer A, Laroche C. (2012): *Noise and communication: A three-year update*. Noise Heal. 2012;14(61):281.

<sup>114</sup> Jahncke H, Hygge S, Halin N, (2011): *Green AM, Dimberg K. Open-plan office noise: Cognitive performance and restoration*. J Environ Psychol. 2011;31(4):373-382. doi:10.1016/j.jenvp.2011.07.002.

<sup>115</sup> Evans GW, Johnson D. (2000): *Stress and open-office noise*. J Appl Psychol. 2000;85(5):779-783. doi:10.1037/0021-9010.85.5.779.

<sup>116</sup> Jarup L, Babisch W, Houthuijs D,(2008) *Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study*. Env Heal Perspect;116(3):329-333.

<sup>117</sup> Chang TY, Lai YA, Hsieh HH, Lai JS, Liu CS. (2009): *Effects of environmental noise exposure on ambulatory blood pressure in young adults*. Environ Res; 109(7):900-905. doi:10.1016/j.envres.2009.05.008.

<sup>118</sup> Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H. (2005): *Traffic noise and risk of myocardial infarction*. Epidemiology.; doi:10.1097/01.ede.0000147104.84424.24.

<sup>119</sup> Heidemann C, Niemann H, Paprott R, Du Y (2014), Rathmann W, Scheidt-Nave C. *Residential traffic and incidence of Type 2 diabetes: the German Health Interview and Examination Surveys*. Diabet Med. 31(10):1269-1276. doi:10.1111/dme.12480.

<sup>120</sup> Belojević G, Öhrström E, Rylander R. (1992): *Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity*. Int Arch Occup Environ Health. 64(4):293-301.

<sup>121</sup> Bronzaft A. (1975): *The Effect of Elevated Train Noise on Reading Ability*. Environ Behav. [online]. Disponible en <http://eab.sagepub.com/content/7/4/517.full.pdf>.

<sup>122</sup> Stansfeld SA, Matheson MP. (2003): *Noise pollution: non-auditory effects on health*. Br Med Bull. [online]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14757721>

<sup>123</sup> International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Noise Feature, S02 Maximum Noise Levels* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>

### 3.2.4.2. Exigencias

Para determinar los valores de Índices Globales de Reducción Acústica, se tomó como referencia el Documento Básico HR de Protección frente al ruido del Código Técnico Español.

El valor del índice de ruido día,  $L_d$ , puede obtenerse de las municipalidades competentes mediante consulta de los mapas de ruido. En caso de que el edificio esté expuesto a varios valores de  $L_d$ , se toma el mayor valor. Cuando no se disponga de valores oficiales del índice de ruido día,  $L_d$ , se considerará un valor de 60 dBA para usos de suelo predominante residencial.<sup>124</sup>

Cuando se prevea fachadas en patios de manzana cerrados, o patios interiores, así como fachadas en zonas exteriores en zonas o entornos tranquilos, no expuestas directamente al ruido de automóviles, aeronaves, actividades industriales, comerciales o deportivas, se considerará un índice de ruido día,  $L_d$ , 10 dBA menor al índice de ruido de la zona.<sup>125</sup>

**Tabla 2.1 Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,nT,Atr}$ , en dBA, entre un recinto protegido y el exterior, en función del índice de ruido día,  $L_d$ .**

$L_d$ dBA	Uso del edificio			
	Residencial y hospitalario		Cultural, sanitario <sup>(1)</sup> , docente y administrativo	
	Dormitorios	Estancias	Estancias	Aulas
$L_d \leq 60$	30	30	30	30
$60 < L_d \leq 65$	32	30	32	30
$65 < L_d \leq 70$	37	32	37	32
$70 < L_d \leq 75$	42	37	42	37
$L_d > 75$	47	42	47	42

<sup>(1)</sup> En edificios de uso no hospitalario, es decir, edificios de asistencia sanitaria de carácter ambulatorio, como despachos médicos, consultas, áreas destinadas al diagnóstico y tratamiento, etc.

Figura 54: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2019): Valores de aislamiento acústico a ruido aéreo,  $D_{2m,mT,Atr}$ , en dBA entre un recinto protegido y el exterior en función al índice de ruido día,  $L_d$ . Madrid: Gobierno de España

<sup>124</sup> Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2019): Documento Básico HR, Protección frente al Ruido. Madrid: Gobierno de España

<sup>125</sup> Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2019): Documento Básico HR, Protección frente al Ruido. Madrid: Gobierno de España

**Tabla 3.4 Parámetros acústicos de fachadas, cubiertas y suelos en contacto con el aire exterior de recintos protegidos**

Nivel límite exigido (Tabla 2.1) $D_{2m,nT,Atr}$ dBA	Parte ciega 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Parte ciega $\neq$ 100 % $R_{A,tr}$ dBA	Huecos					
			Porcentaje de huecos $R_{A,tr}$ de los componentes del hueco <sup>(2)</sup> dBA					
			Hasta 15 %	De 16 a 30%	De 31 a 60%	De 61 a 80%	De 81 a 100%	
$D_{2m,nT,Atr} = 30$	33	35	26	29	31	32	33	
		40	25	28	30	31		
		45	25	28	30	31		
$D_{2m,nT,Atr} = 32$	35	35	30	32	34	34	35	
		40	27	30	32	34		
		45	26	29	32	33		
$D_{2m,nT,Atr} = 34^{(1)}$	36	40	30	33	35	36	36	
		45	29	32	34	36		
		50	28	31	34	35		
$D_{2m,nT,Atr} = 36^{(1)}$	38	40	33	35	37	38	38	
		45	31	34	36	37		
		50	30	33	36	37		
$D_{2m,nT,Atr} = 37$	39	40	35	37	39	39	39	
		45	32	35	37	38		
		50	31	34	37	38		
$D_{2m,nT,Atr} = 41^{(1)}$	43	45	39	40	42	43	43	
		50	36	39	41	42		
		55	35	38	41	42		
$D_{2m,nT,Atr} = 42$	44	50	37	40	42	43	44	
		55	36	39	42	43		
		60	36	39	42	43		
$D_{2m,nT,Atr} = 46^{(1)}$	48	50	43	45	47	48	48	
		55	41	44	46	47		
		60	40	43	46	47		
$D_{2m,nT,Atr} = 47$	49	55	42	45	47	48	49	
		60	41	44	47	48		
$D_{2m,nT,Atr} = 51^{(1)}$	53	55	48	50	52	53	53	
		60	46	49	51	52		

<sup>(1)</sup> Los valores de estos niveles límite se refieren a los que resultan de incrementar 4 dBA los exigidos en la tabla 2.1, cuando el ruido exterior dominante es el de aeronaves.

<sup>(2)</sup> El índice  $R_{A,tr}$  de los componentes del hueco expresado en la tabla 3.4 se aplica a las ventanas que dispongan de aireadores, sistemas de microventilación o cualquier otro sistema de abertura de admisión de aire con dispositivos de cierre en posición cerrada.

Figura 55: Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2019): UNE EN 14351-1 Parámetros Acústicos de Fachadas. Madrid: Gobierno de España

## Aislamiento Acústico en Vidrio Fijo

Composición	Espesor (mm)	Rw	C	Ctr
Vidrio monolítico	3	28	-1	-4
	4	29	-1	-2
	6	31	-1	-2
Vidrio laminado	33.1	31	0	-1
	44.1	34	0	-1
	66.1	37	0	-2
Vidrio laminado acústico	33SC	34	0	-2
	44SC	36	-1	-3
	66SC	38	-1	-2
Doble acristalamiento simple	4/12/4	28	-1	-3
	4/12/6	33	-1	-3
	5/12/5	31	-1	-4
	5/12/6	34	-1	-3
Doble acristalamiento laminado 1x	4/12/33	34	-1	-4
	4/12/44	36	-1	-5
	6/12/44	37	-1	-5
	6/12/66	39	-1	-4
Doble acristalamiento laminado acústico 1x	4/12/33SC	35	-1	-4
	4/12/44SC	37	-1	-4
	6/12/44SC	39	-1	-5
	6/12/66SC	41	-1	-4
Doble acristalamiento laminado 2x	44/12/33	38	-1	-4
	66/12/44	41	-1	-3
Doble acristalamiento laminado acústico 2x	44SC/12/33SC	40	-1	-4
	66SC/12/44SC	45	-1	-5

Figura 56: Kömmerling (2019): Aislamiento acústico en ventanas, [imagen en línea] Disponible en: <  
<https://retokommerling.com/aislamiento-acustico/>> [Acceso el 12 de junio de 2020].

## Aislamiento Acústico en Ventanas

El aislamiento acústico en las ventanas depende de diversos factores:

- Sistemas de apertura: sistemas de apertura oscilobatiente o practicable tienen un mejor comportamiento que las correderas con un sistema tradicional.<sup>126</sup>
- Material del Marco: el material debe ser impermeable al aire para reducir el paso de las ondas sonoras. El PVC, por ejemplo, funciona como amortiguador natural.<sup>127</sup>
- Elección del vidrio: Depende del espesor del vidrio, si se cuenta con cámara de aire o gas, y la inclusión de vidrios laminares.<sup>128</sup>

VENTANA sin capialzado o capialzado por el exterior											
Distancia entre ventanas, $d \geq 10$ cm											
Composición		HR <sup>(6)</sup>									
		Ventanas deslizantes <sup>(1)</sup>					Ventanas no practicables, batientes y oscilobatientes <sup>(2)</sup>				
Tipo	Espesor (mm)	R <sub>w</sub> (dB)	C (dB)	C <sub>tr</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Atr</sub> (dBA)	R <sub>w</sub> (dB)	C (dB)	C <sub>tr</sub> (dB)	R <sub>A</sub> (dBA)	R <sub>Atr</sub> (dBA)
Vidrio sencillo	4	27	-1	-1	26	26	29	-2	-3	27	26
	6	28	-1	-1	27	27	31	-2	-3	29	28
	8	29	-1	-2	28	27	32	-2	-3	30	29
	10	29	-1	-2	28	27	33	-2	-3	31	30
	12 <sup>(5)</sup>	29	-1	-1	28	28	34	0	-2	34	32
Vidrio laminar <sup>(3)</sup>	3+3										
	4+4										
	6+6	29	-1	-2	28	27	32	-1	-3	31	29
	8+8	29	-1	-2	28	27	33	-1	-3	32	30
	10+10	29	-1	-2	28	27	34	-1	-3	33	31
Unidades de vidrio aislante <sup>(4)</sup> (cámara de aire de 6 a 20 mm)	4-(6...20)-4	27	-1	-2	26	25	32	-1	-5	31	27
	4-(6...20)-6	29	-1	-2	28	27	34	-1	-4	33	30
	4-(6...20)-8	29	-1	-2	28	27	34	-1	-4	33	30
	4-(6...20)-10	29	-1	-2	28	27	35	-1	-4	34	31
	6-(6...20)-6	28	-1	-2	27	26	33	-1	-4	32	29
	6-(6...20)-8	29	-1	-2	28	27	35	-1	-5	34	30
	6-(6...20)-10 <sup>(5)</sup>	29	-1	-1	28	28	35	-1	-3	34	32
Unidades de vidrio aislante y vidrio laminar <sup>(3)(4)</sup> (cámara de aire de 6 a 20 mm)	6-(6...20)-6+6	29	-1	-2	28	27	34	-1	-4	33	30
	6-(6...20)-10+10 <sup>(5)</sup>	-	-	-	-	-	36	-1	-4	35	32

Figura 57: UNE Normalización Española (2006): Ventanas. Características Acústicas. Madrid: AENOR.

<sup>126</sup> Kömmerling (2019): *Aislamiento Acústico en ventanas* [online]. Disponible en <<https://retokommerling.com/aislamiento-acustico/>>.

<sup>127</sup> Kömmerling (2019): *Aislamiento Acústico en ventanas* [online]. Disponible en <<https://retokommerling.com/aislamiento-acustico/>>.

<sup>128</sup> Kömmerling (2019): *Aislamiento Acústico en ventanas* [online]. Disponible en <<https://retokommerling.com/aislamiento-acustico/>>.



## Aislamiento Acústico en Fachadas de Doble Piel

Además de las propiedades térmicas que aportan las Fachadas de doble Piel, también tienen un mejor comportamiento acústico que fachadas convencionales. Según el Estándar Europeo EN 12354 (2000), las VDGF (Ventilated Double Glass Facades) aíslan en promedio 10 dB más que fachadas tradicionales.<sup>129</sup>

Los parámetros que influyen son: tipo y sistema de fachada, tipo de vidrio, tamaño de la superficie acristalada, aberturas, profundidad de la cavidad, resonancia entre las cavidades, propiedades de las fuentes emisoras de sonido.<sup>130</sup>

## **AISLAMIENTO CON EL EXTERIOR**

NOMBRE	Volúmen del ambiente	Fachada Interior	Fachada Exterior	Espesor de Cavidad	RESULTADOS: $D_{is,2m,n,w}$ (C; Ctr)
Climate Façade	50m <sup>3</sup>	Vidrio Simple 6mm	Doble Vidrio 6-12-8	12.50 cm	38 (-2;-5)dB (fachada interior abierta)
					43 (-2;-5)dB (fachada interior cerrada)
Doble Ventana	47m <sup>3</sup>	Vidrio Simple 10mm	Doble Vidrio 6-12-8	7.00 cm	41 (-3;-5)dB (ventana interior abierta)
					47 (-2;-5)dB (ventana interior cerrada)
Doble Fachada	93.1m <sup>3</sup>	Doble Vidrio 8-12-16	Vidrio Simple 6mm	130.00 cm	50 (-1;-5) dB
Fachada Tradicional	-	-	-	-	35 dB

Figura 58: Blasco M. (2007): *Acoustical Performances of Ventilated Double Glass Facades, EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes, Volume 1 (2), pp. 33-39*

El Aislamiento acústico obtenido de las VDGF está por encima de 43 dB, comparable con un muro de ladrillo de 14cm (180 kg/m<sup>3</sup>); el Aislamiento de la Doble Fachada fue de 54 dB comparables con 14 cm de concreto sólido; la fachada típica de oficina (Estándar Europeo EN 12354-2000) tiene un aislamiento acústico de 6 dB menor que la fachada de menor performance de VDGA.<sup>131</sup>

<sup>129</sup> Blasco M. (2007): *Acoustical Performances of Ventilated Double Glass Facades, EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes, Volume 1 (2), pp. 33-39*

<sup>130</sup> Blasco M. (2007): *Acoustical Performances of Ventilated Double Glass Facades, EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes, Volume 1 (2), pp. 33-39*

<sup>131</sup> Blasco M. (2007): *Acoustical Performances of Ventilated Double Glass Facades, EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes, Volume 1 (2), pp. 33-39*

Por otro lado, es importante tomar medidas para prevenir la transmisión indirecta de sonido emitido dentro del edificio, ya que el sonido se puede transmitir a través de la cavidad de las dobles fachadas. El aislamiento acústico entre ambientes ubicados en diferentes pisos, pero dando hacia la misma fachada, es hasta 8 dB menor que edificios con la misma configuración interna, pero sin cavidad.<sup>132</sup>

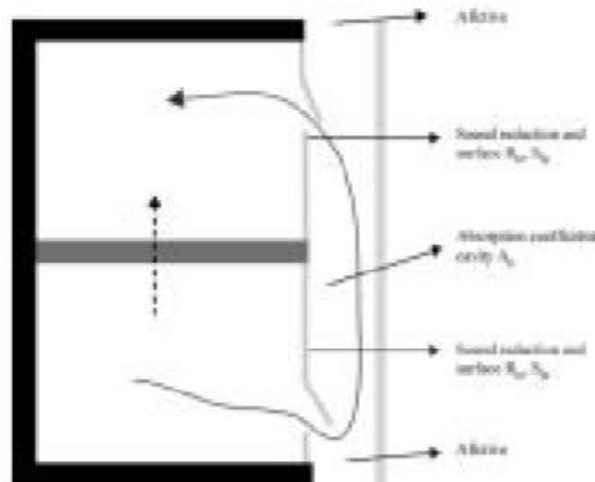


Figura 59: Blasco M. (2007): Transmisión Indirecta de sonido dentro de la cavidad de una Doble Fachada, *EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes, Volume 1 (2)*, pp. 33-39

## AISLAMIENTO CON AMBIENTES INTERIORES

NOMBRE	Volúmen del ambiente	Fachada Interior	Fachada Exterior	Espesor de Cavidad	RESULTADOS: $D_{15,2m,n,w}$ (C; Ctr)
Climate Façade	50m <sup>3</sup>	Vidrio Simple 6mm	Doble Vidrio 6-12-8	12.50 cm	56 (-1;-5) dB
Doble Ventana	47m <sup>3</sup>	Vidrio Simple 10mm	Doble Vidrio 6-12-8	7.00 cm	35 (-1;-5) dB
Doble Fachada	93.1m <sup>3</sup>	Doble Vidrio 8-12-16	Vidrio Simple 6mm	130.00 cm	50 (-1;-3) dB (ventana cerradas)
					37 (-1;-3) dB (ventana abiertas)

Figura 60: Blasco M. (2007): Acoustical Performances of Ventilated Double Glass Facades, *EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes, Volume 1 (2)*, pp. 33-39

<sup>132</sup> Blasco M. (2007): Acoustical Performances of Ventilated Double Glass Facades, *EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes, Volume 1 (2)*, pp. 33-39

## Aislamiento Acústico en Cerramientos Opacos

Tipo de partición (1)	Material	Espesor en cm	Masa unitaria en kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento acústico R dBA
Tabique de	ladrillo hueco	4	69	32
		9	104	35
		11.5	131	37
		14	143	38
	bloques de hormigón	6.5	140	38
		9	165	39
		11	210	43
	placa de yeso	6	60	32
10		91	35	

(1) A excepción de los tabiques de placas de yeso, se han considerado los paramentos revocados con un espesor de 1,5 cm en cada lado.

*Tabla 4 – Valores de aislamiento acústico R en tabiques.*

Figura 61: Castro A., Pinto JB. García M., Zelko L. Eugenia T. (2019): *Acústica en la Arquitectura*, [imagen en línea] Disponible en: < <https://fr.slideshare.net/borisreynoso/acustica-en-la-arquitectura-192741879> > [Acceso el 12 de junio de 2020].

Tipo de pared (1)	Espesor en cm	Masa unitaria en kg/m <sup>2</sup>	Aislamiento acústico R dBA
Muro de ladrillo cerámico perforado	11.5	202	43
	14	250	46
	24	364	52
	29	460	56
Muro de ladrillo cerámico macizo	11.5	242	46
	14	286	48
	24	444	55
	29	532	58
Muro de ladrillo sílico-calcareo	11.5	252	46
	24	484	56
Muro de bloques de hormigón	14	225	44
	19	270	47
	29	370	52
Muro de hormigón armado	14	350	51
	18	450	55
	20	500	57
	24	600	60
	30	750	63
(1) A excepción de los muros y tabiques de hormigón armado, se han considerado los paramentos revocados con un espesor de 1,5 cm en cada lado.			

*Tabla 5 – Valores de aislamiento acústico R en muros.*

Figura 62: Castro A., Pinto JB. García M., Zelko L. Eugenia T. (2019): *Acústica en la Arquitectura*, [imagen en línea] Disponible en: < <https://fr.slideshare.net/borisreynoso/acustica-en-la-arquitectura-192741879> > [Acceso el 12 de junio de 2020].

## 4. MEDIDAS ADICIONALES

### 4.1 Implementación de Renovables

#### 4.1.1 Paneles Fotovoltaicos en Fachada

Se evaluó la eficiencia de generación energética a través de paneles fotovoltaicos instalados en las fachadas. Los PVs se ubicaron en el lugar de los sombreamientos en las fachadas; las dimensiones y ubicación siguiendo las recomendaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones.

La implementación de Paneles Fotovoltaicos podría justificarse gracias a que en Lima existe una Radiación Solar promedio de 1,770 kWh/m<sup>2</sup> durante todo el año,<sup>133</sup> y que, en el caso de la Unidad Funcional de Instituciones y Oficinas, el horario de generación energética coincide con el Consumo (ver Figura 63: Consumo y Generación de Energía).

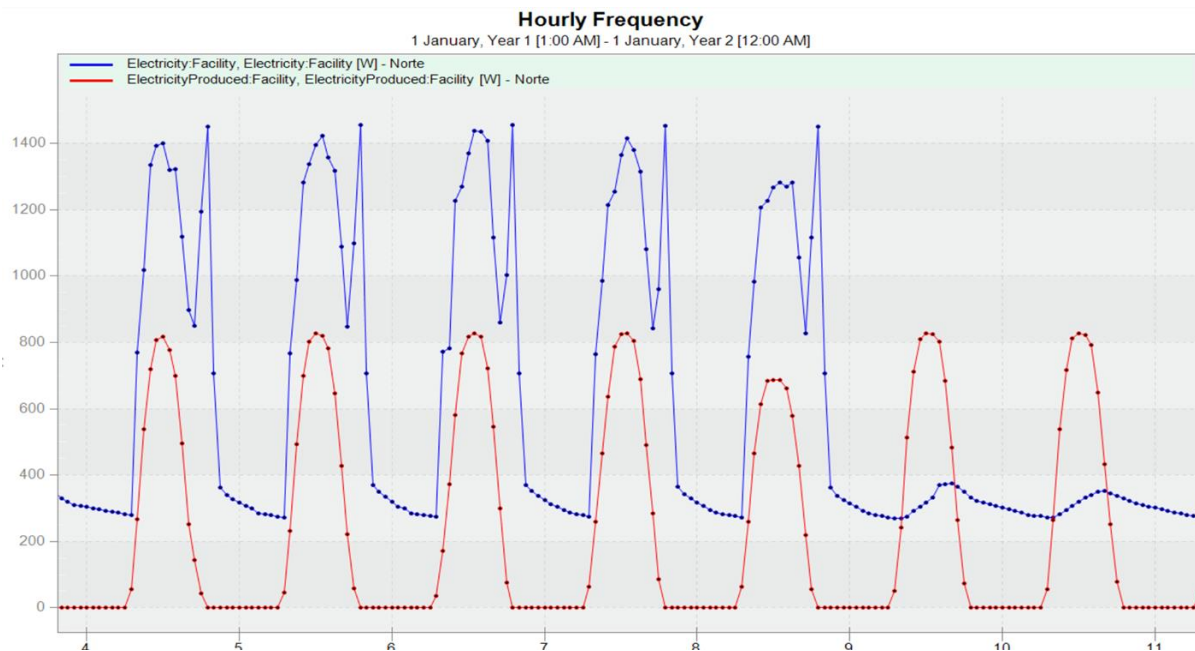


Figura 63: U.F. Instituciones/Oficinas: Consumo y Generación de Energía, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder

<sup>133</sup> Archivo Climático EPW: EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWECC) [online]. Disponible en <[https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20)>. [02 Mayo 2020]. Visualización: U.S. Department of Energy's (DOE) Building Technologies Office (BTO) (2019): Solar Radiation Lima, EEUU.: Energy Plus. Recuperado de Design Builder utilizando motor de cálculo EnergyPlus.

## 4.1.2 Evaluación

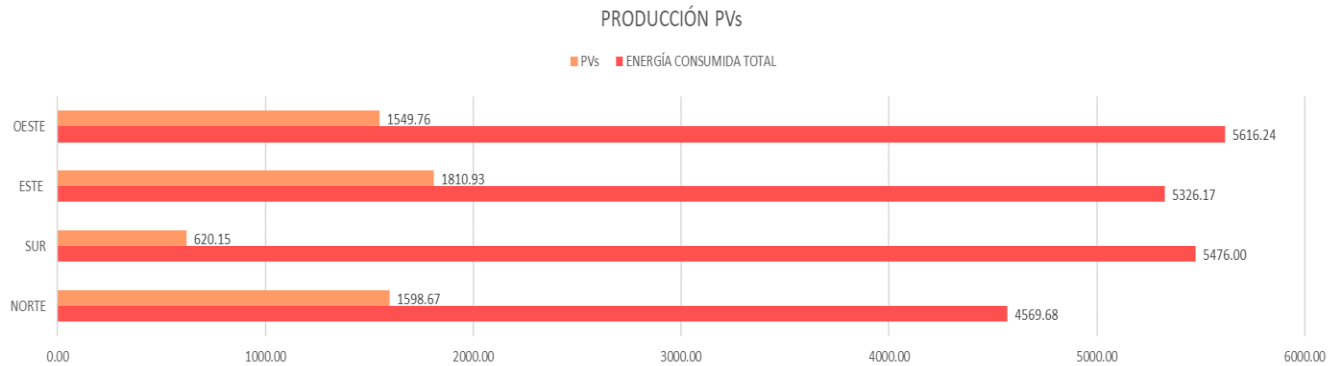


Figura 64: U.F. Instituciones/Oficinas: Consumo y Generación de Energía, Elaboración Propia, obtenida de simulación energética en DesignBuilder

En la evaluación se obtuvo una generación de energía, promediada entre las 4 orientaciones, equivalente al 26.6% del consumo total eléctrico de energía o al 70.5% del consumo energético en refrigeración.

Si bien la orientación de los paneles fotovoltaicos no es la óptima, y los edificios y vegetación aledaña puede reducir la cantidad de radiación solar que recibirían, reduciendo su efectividad, esta evaluación sirve para poder hacer un cálculo rápido de cabida para la justificación económica en la implementación de esta medida.

## 4.2 Fachadas Verdes

Las iniciativas de implementar vegetación en los edificios como área adicional de infraestructura verde en los centros urbanos pueden mejorar el ambiente edificado; si se pudiera utilizar entre un 20 y 25% de la envolvente de los edificios se obtendrían beneficios importantes para el microclima en las ciudades.<sup>134</sup>

<sup>134</sup> Scheuermann R. (2016): "Envolventes vegetales en edificios". En: Arup Deutschland GmH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschland GmH.

### 4.2.1 Bienestar

La naturaleza puede ser una fuente de inspiración, regeneración mental y reducción de estrés. Existen estudios relacionados con la productividad y con la recuperación de pacientes de hospitales con vistas hacia vegetación.<sup>135</sup>

Surgen conceptos como la Biofilia, la conexión con la naturaleza y con otras formas de vida, la supervivencia de especies depende de la conexión estrecha entre las plantas y los animales.<sup>136</sup>

### 4.2.2 Estética

Los espacios verdes proporcionan una estética permanente y cambiante, las envolventes de las edificaciones han sido revestidas con plantas por siglos, sólo para enriquecer la arquitectura. Existen interacciones psicológicas y físicas entre las personas y la infraestructura verde.<sup>137</sup>

### 4.2.3 Reducción en Contaminantes

Existe una relación entre los niveles de partículas en el aire y los impactos en la salud. Dentro de los contaminantes más importantes debidos al tráfico se encuentran las partículas finas en suspensión PM10 y Pm2.5.<sup>138</sup>

En una evaluación realizada por Cristina Sanjuan y Michel Bull con modelos de dinámica de fluidos computacional (CFD) en ciudades mundiales: Londres, Berlín, Melbourne, Hong Kong y los Ángeles se examinaron el efecto de configuración de las calles en el flujo de aire a nivel de calle y sobre fachada y así predecir el nivel de eliminación de partículas en la atmósfera.<sup>139</sup>

---

<sup>135</sup> Law A. (2016): "Beneficios". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

<sup>136</sup> Campbell N., Reece J. (2007): *Biología 7ª*ed. Madrid: Panamericana

<sup>137</sup> Law A. (2016): "Beneficios". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

<sup>138</sup> Bull M., Sanjuan C. (2016): "Contaminación del aire". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

<sup>139</sup> Bull M., Sanjuan C. (2016): "Contaminación del aire". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

Porcentaje de reducción de concentración de contaminantes. La variación se debe a las fachadas verdes.

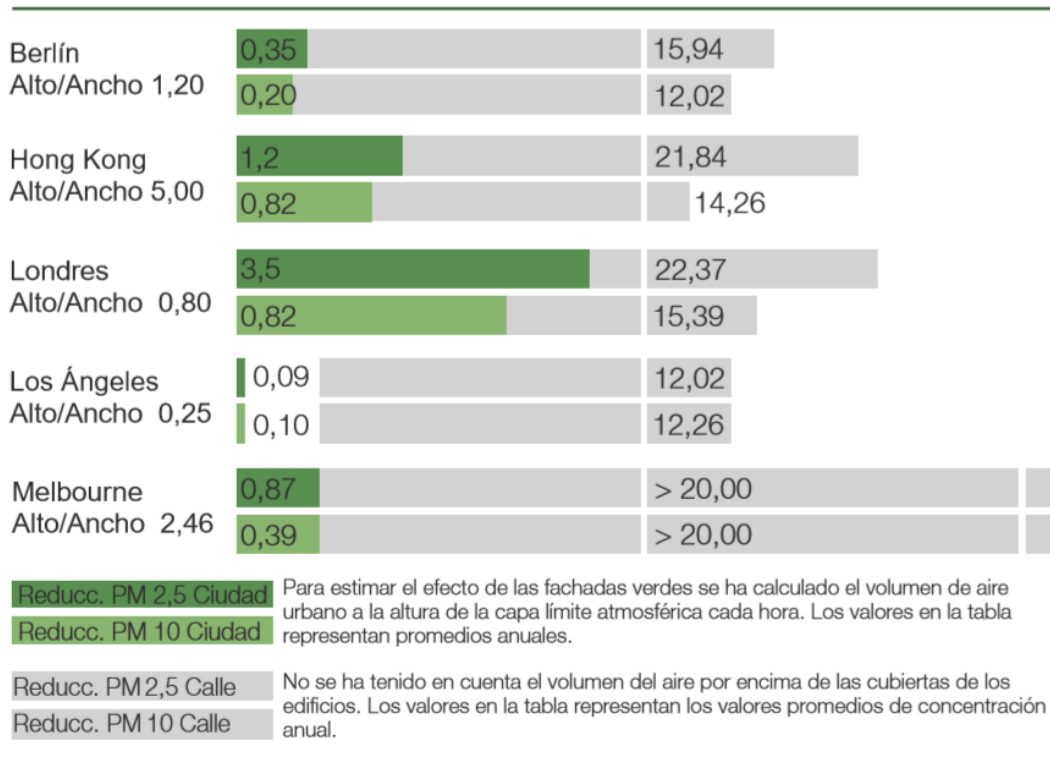


Figura 65: Bull M., Sanjuan C. (2016): Porcentaje de reducción de concentración de contaminantes En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

Del análisis se concluyó que las fachadas verdes pueden reducir localmente la concentración de partículas entre un 10 y 20%, el nivel de reducción depende de la configuración de los edificios y las calles (proporción alto/ancho).<sup>140</sup>

Las reducciones son mayores en las calles tipo cañón, y menores en la ciudad en su conjunto; la oportunidad de mejorar la calidad de aire es en áreas selectas.<sup>141</sup>

<sup>140</sup> Bull M., Sanjuan C. (2016): "Contaminación del aire". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

<sup>141</sup> Bull M., Sanjuan C. (2016): "Contaminación del aire". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.



#### 4.2.4 Prestaciones Acústicas

En un estudio realizado en simulaciones por computadora por Raj Patel y Willem Boning en diferentes calles y configuraciones de edificio sobre la evaluación de fachadas verdes sobre el efecto del ruido se concluyó:

- Se puede reducir los niveles de ruido de fuentes emergentes hasta en 10 dBA.<sup>142</sup>
- El ruido cercano no tiene una mitigación relevante; sin embargo, las mejoras son visibles al aumentar la distancia de la fuente hasta donde predomina el ruido ambiental.<sup>143</sup>
- Es improbable tener un mayor impacto acústico percibibles si el ruido ambiental del barrio está dominado por fuentes distribuidas.<sup>144</sup>
- Es probable que el mayor impacto sea durante la noche cuando el nivel de ruido ambiental es menor, el paisaje sonoro esté dominado por fuentes puntuales de ruido.<sup>145</sup>

#### 4.2.5 Mitigación efecto Isla de Calor

En un estudio realizado por Peter Alspach y Alej Göhring a través de simulaciones de CFD y comparado con otros estudios, concluyo que:

- Una proporción Alto/Ancho mayor a 2 (edificios en altura como Hong Kong y Melbourne) dieron los resultados más efectivos en las fachadas verdes, de una reducción hasta de 10°C en las temperaturas pico.<sup>146</sup>
- En ciudades con gran densidad de vegetación (como por ejemplo Berlín) el impacto es más limitado que en ciudades con una proporcional mayor de superficies de hormigón.<sup>147</sup>

---

<sup>142</sup> Boning W., Patel R. (2016): "Acústica". En: Arup Deutschland GmH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschland GmH.

<sup>143</sup> Ibid.

<sup>144</sup> Ibid.

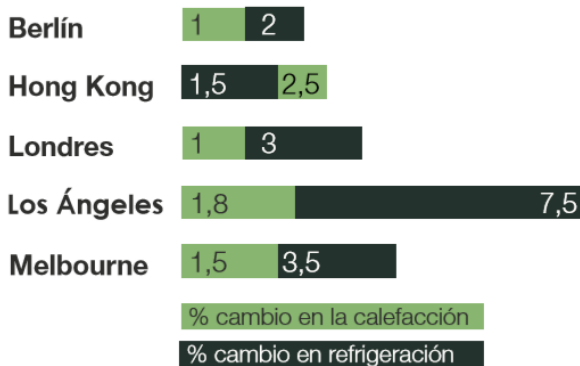
<sup>145</sup> Ibid.

<sup>146</sup> Alspach P., Göhring A. (2016): "Acústica". En: Arup Deutschland GmH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschland GmH.

<sup>147</sup> Alspach P., Göhring A. (2016): "Acústica". En: Arup Deutschland GmH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschland GmH.

- Ciudades con calles con una sección más ancha, y edificios más bajos, tienen un mayor beneficio con vegetación a nivel de la calle.<sup>148</sup>
- El clima juega un papel importante en el impacto de las medidas, donde los mayores beneficios se dan en climas más soleados. En los Ángeles, que tienen una configuración urbana de callas tipo caños Alto/Ancho < 1 se estima una reducción del 8%, mientras que en ciudades más densas de Europa y Asia se estima una reducción entre el 2-3%.<sup>149</sup>
- Los factores que contribuyen a las reducciones dependen de trama urbana, radiación solar, proporción entre la altura del cañón y el ancho de la calle, tasas de ventilación del cañón, Inercia térmica, porcentaje de espacios verdes, propiedades de las plantas.<sup>150</sup>

Ahorro en la demanda energética del edificio debido a las fachadas verdes.



Diferencia de temperatura superficial entre el caso base y la fachada verde (en °C)

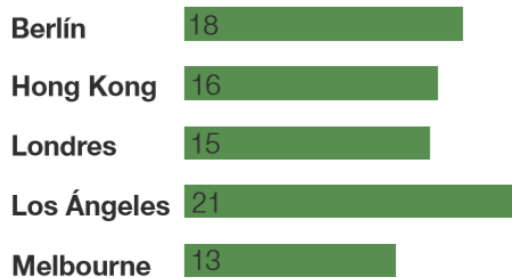


Figura 66: Alspach P., Göhring A. (2016): Ahorro en la demanda energética del edificio debido a las fachadas verdes. Diferencia de temperatura superficial entre el caso base y la fachada verde. En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

<sup>148</sup> Alspach P., Göhring A. (2016): "Acústica". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolverte vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.

<sup>149</sup> Íbid

<sup>150</sup> Íbid

## 5. DISCUSIÓN

El estudio muestra el impacto que puede tener el diseño en la optimización de la envolvente en edificios de gran altura en Lima. El estudio responde a la siguiente pregunta:

*“¿Cómo optimizar el desempeño energético de edificios de alturas adoptando estrategias pasivas en el diseño de la envolvente tomando en consideración la calidad ambiental interior?”*

Para poder responder a la pregunta, se realizó un análisis de literatura; donde se identificaron los elementos de diseño más relevantes en la optimización energética y luego se compararon una serie de simulaciones energéticas en DesignBuilder.

### 5.1. Lineamientos

No existe una fórmula ideal para una envolvente más óptima en Lima. Como se reflejó en los resultados, un confort térmico, una optimización energética, y una iluminación natural óptima muchas veces son contradictorios a la hora de proponer estrategias de diseño. En la mayoría de los casos, se debe buscar un balance priorizando las necesidades particulares de cada edificio, del cliente y de los presupuestos; Arquitectos e Ingenieros deben trabajar conjuntamente al tratar de equilibrar estas consideraciones. El objetivo del estudio es de presentar lineamientos que ayuden a Arquitectos e Ingenieros en la toma de decisiones en etapas preliminares de diseño.

De las más de 100 simulaciones realizadas, en el punto 6 del presente documento se identificaron las óptimas para cada orientación.

## **5.2. Limitaciones**

La mayor limitación en la hora de realizar el estudio fue la de utilizar únicamente programas de simulación por computadora, en estos modelos se introducen versiones simplificadas de la geometría compleja de las edificaciones, se ignoran variables como edificios aledaños, microclimas urbanos, y características particulares en el uso de cada edificación.

## **5.3. Futuras Investigaciones**

El estudio puede servir como inspiración para nuevas evaluaciones en otros climas de ciudades importantes de Perú como Arequipa, Trujillo, Piura y Cusco. Además, tomando en consideración las limitaciones de la normativa actual en términos de confort y de optimización energética, podría servir como guía en la elaboración de normativas y códigos más exigente,

Por otro lado, este estudio evidencia que hay otros campos para la mejora:

- Adicionar la geometría de la edificación y su impacto en las demandas de refrigeración y condiciones ambientales interiores.
- Análisis de ciclo de vida y calcular la energía embebida adicional a la hora de implementar las medidas sugeridas.
- Analizar a mayor detalle sistemas de aclimatación activos tales como bombas de calor, recuperadores de calor, y la integración de los mismos con sistemas de Agua Caliente Sanitaria.

## 6. CONCLUSIONES

### 6.1 Fachadas Óptimas según orientación.

#### 6.1.1. Fachada Óptima Orientación Norte

#### SOMRBEAMIENTO SEGÚN RECOMENDACIONES DEL RNE

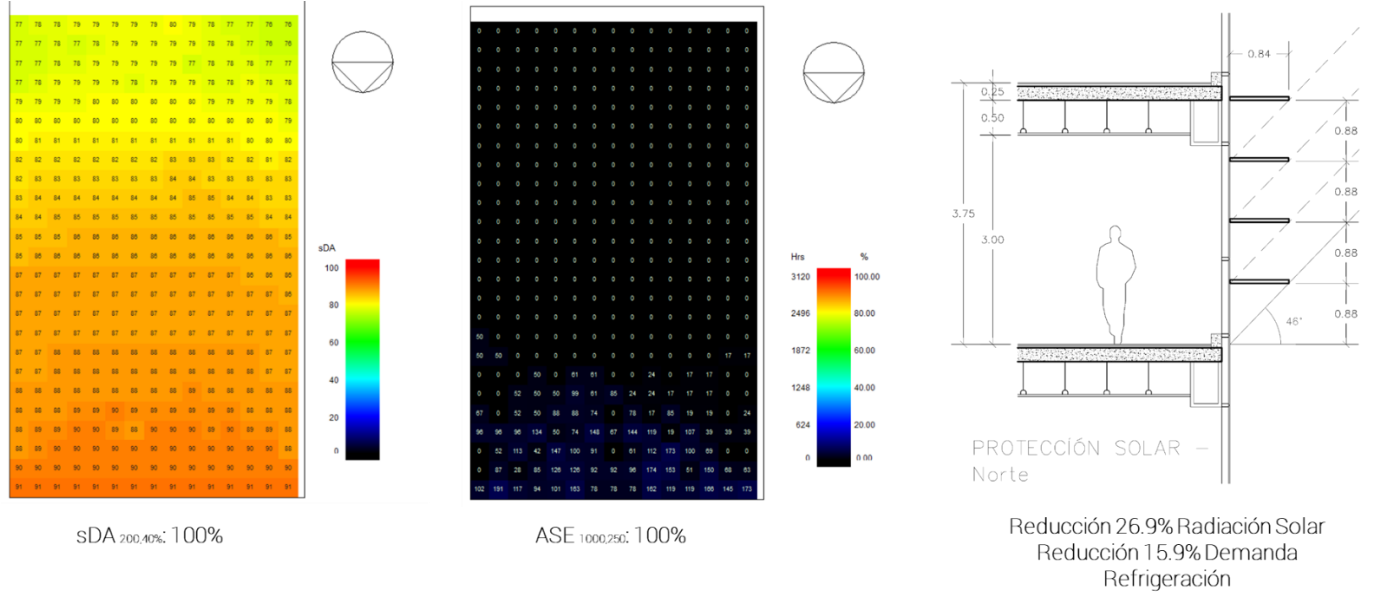


Figura 67: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento según recomendaciones del RNE, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

#### MALLA PERFORADA 60%

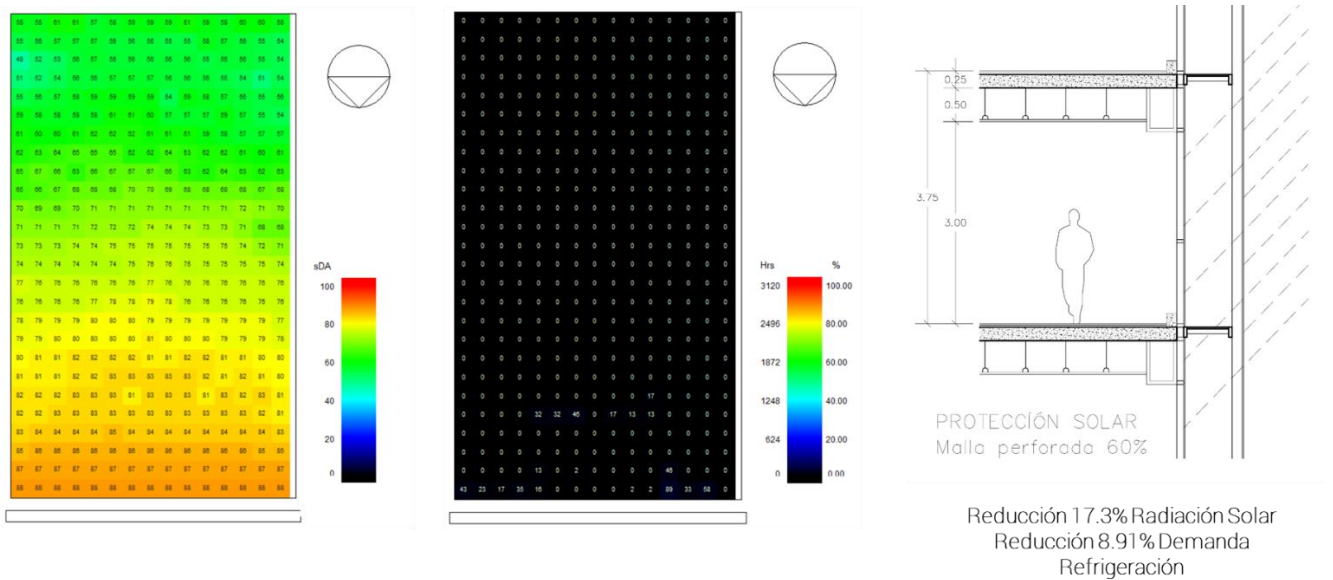


Figura 68: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento según recomendaciones del RNE, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

### 6.1.2. Fachada Óptima Orientación Sur

#### SOMRBEAMIENTO SEGÚN RECOMENDACIONES DEL RNE

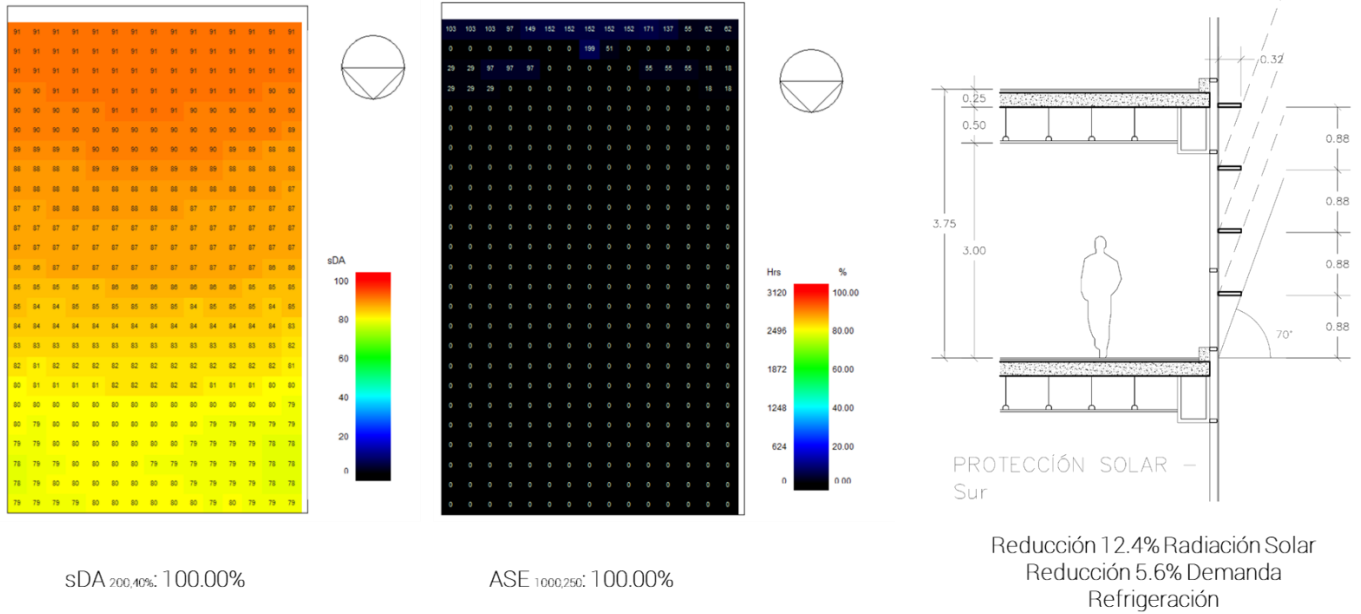


Figura 69: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento según recomendaciones del RNE, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

### 6.1.3. Fachada Óptima Orientación Este

#### SOMRBEAMIENTO SEGÚN RECOMENDACIONES DEL RNE

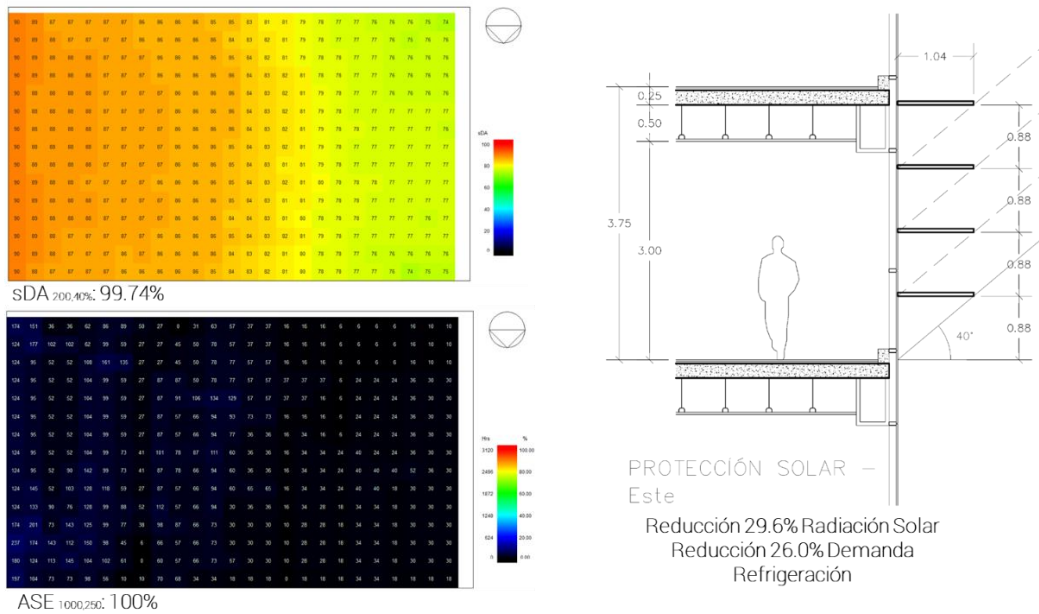


Figura 70: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento según recomendaciones del RNE, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

## SOMRBEAMIENTO LAMAS VERTICALES 20°

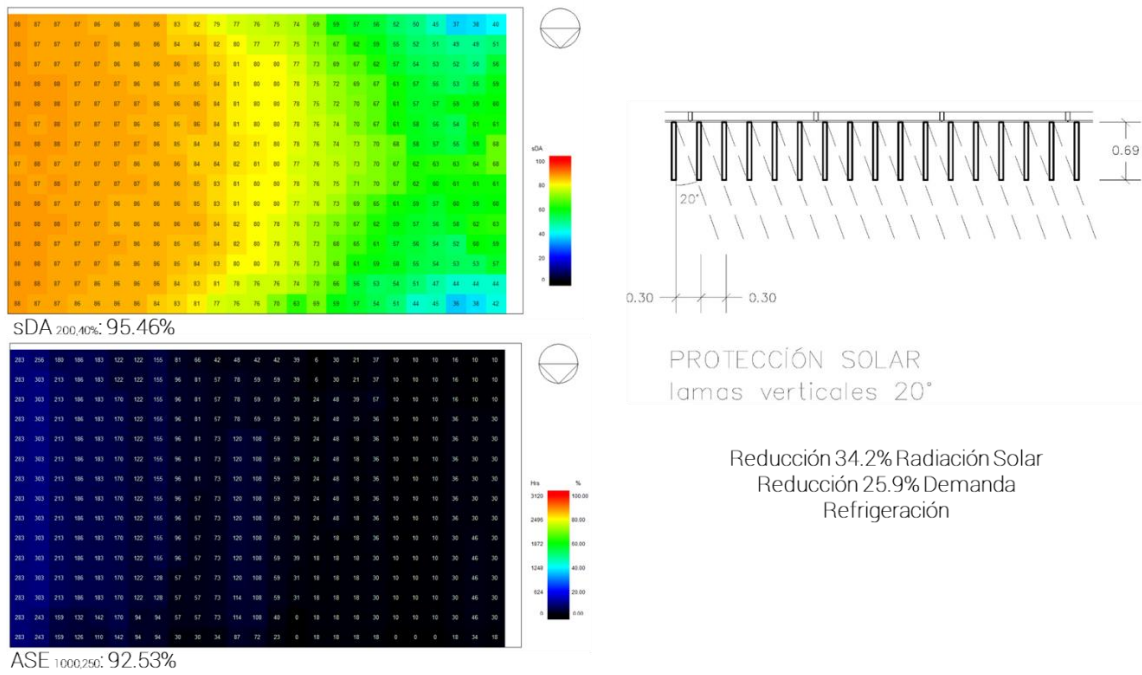


Figura 71: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento Lamas Verticales 20°, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

## SOMRBEAMIENTO LAMAS VERTICALES 40°

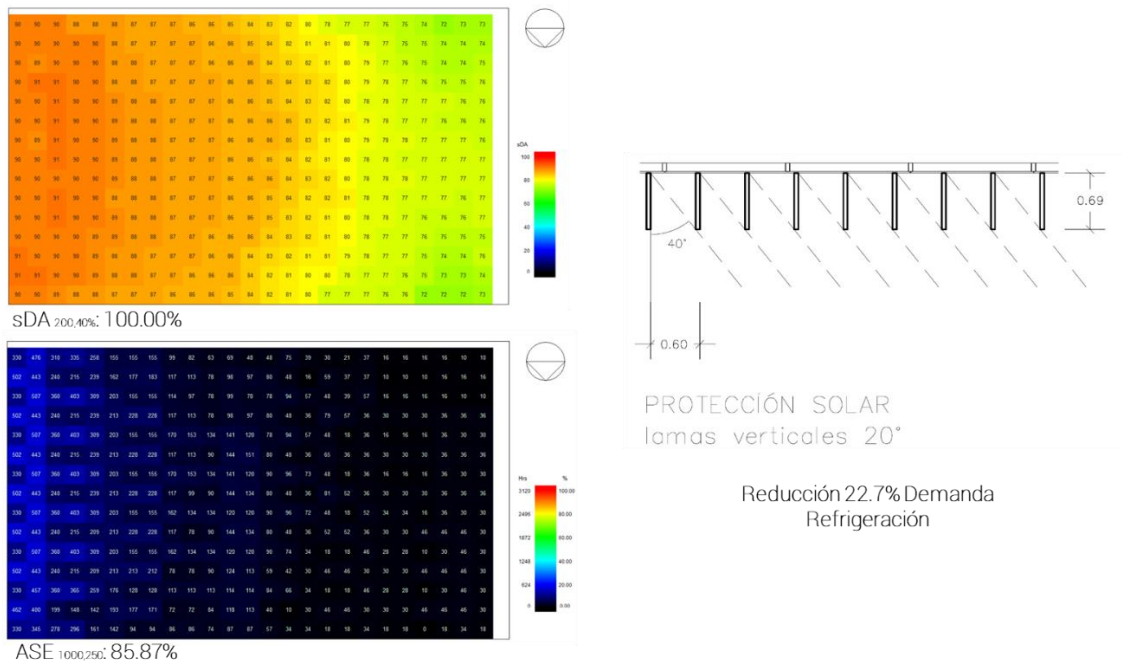


Figura 72: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento Lamas Verticales 40°, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

### 6.1.4. Fachada Óptima Orientación Oeste

#### SOMRBEAMIENTO SEGÚN RECOMENDACIONES DEL RNE

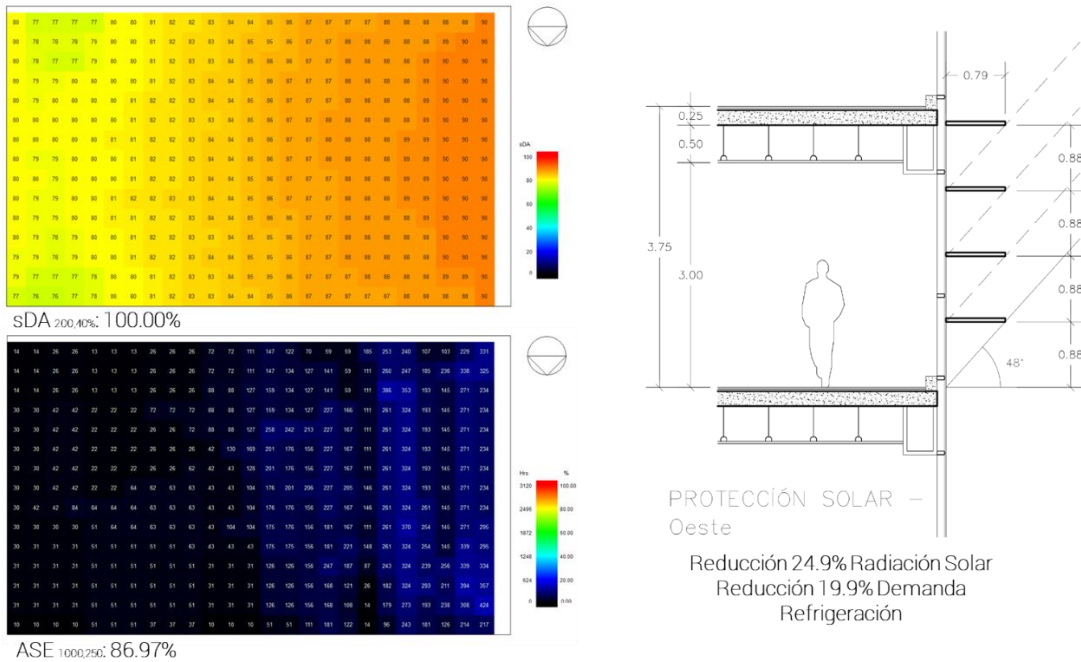


Figura 73: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento según recomendaciones del RNE, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

#### SOMRBEAMIENTO CELOSILLA

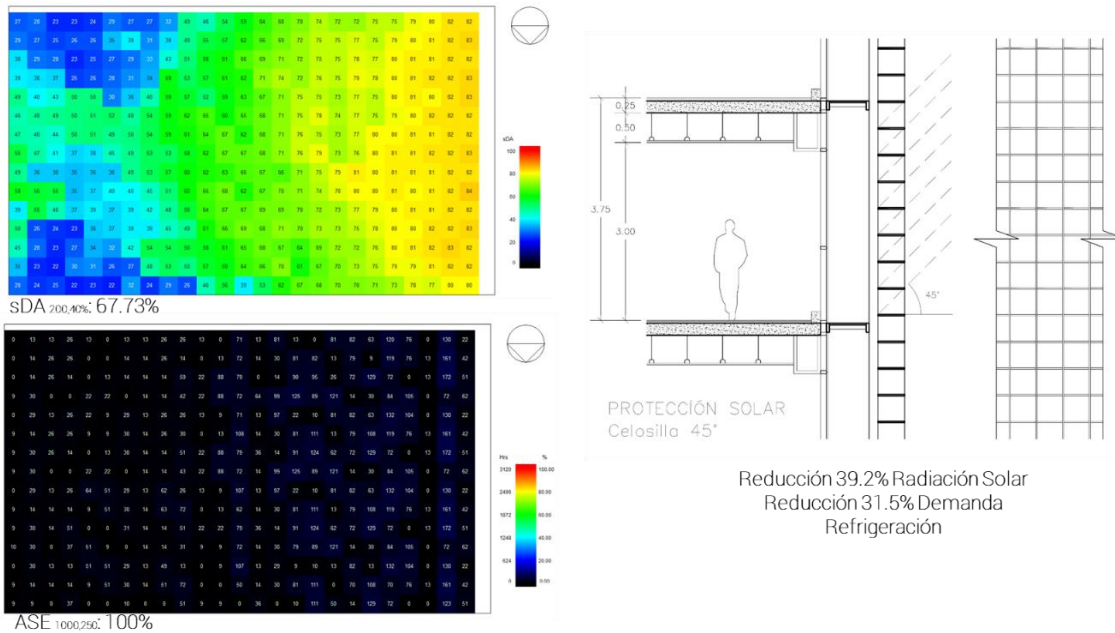


Figura 74: U.F. Instituciones/Oficinas: Sombreamiento de Celosilla, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder



## **6.2 Conclusiones en el Diseño Pasivo**

### **6.2.1. Confort Térmico**

Según las evaluaciones realizadas, se concluye que las medidas con mayor impacto son:

- El diseño efectivo de elementos de sombreado, en el caso de oficinas la demanda de refrigeración se logró reducir en promedio hasta en un 27% y en el caso de residencias hasta en un 68%.
- La ventilación natural, en oficinas la demanda energética se redujo un 29.4%.

Con respecto al aislamiento, es favorable tener una envolvente que permita disipar el calor hacia el exterior, es decir una envolvente con niveles altos de transmitancia, vidrios monolíticos, muros de ladrillo y o hormigón, y no implementar aislamiento. La utilización de materiales con inercia y/o masa térmica es favorable en el clima de Lima.

La relación Window to Wall en el caso de Oficinas no toma mayor relevancia; a menor superficie acristalada menor será el ingreso de iluminación natural, y mayor será la demanda de iluminación artificial; y, por otro lado, al tener ganancias internas tan elevadas en las oficinas, una envolvente con baja transmitancia, como es el caso de los vidrios a comparación de un cerramiento opaco, es favorable ya que permite disipar el calor hacia el exterior. En el caso de Residencias, un menor Window to Wall ratio reduce las demandas de refrigeración; sin embargo, un adecuado diseño en los elementos de sombreado compensa este aspecto.

## AISLAMIENTO Y ACRISTALAMIENTO

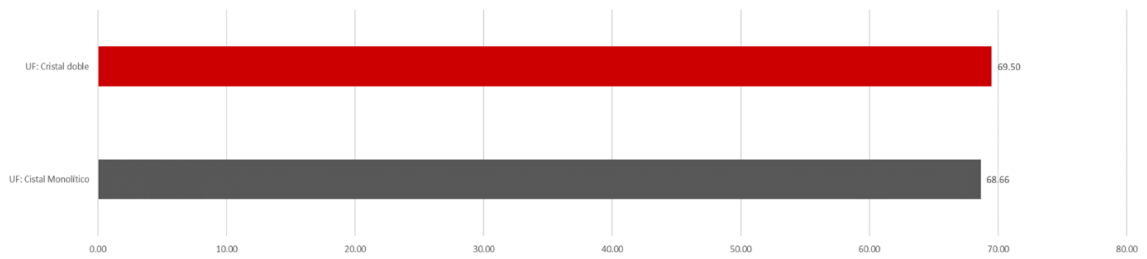


Figura 75: Aislamiento y Acristalamiento, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

## PROTECCIÓN SOLAR

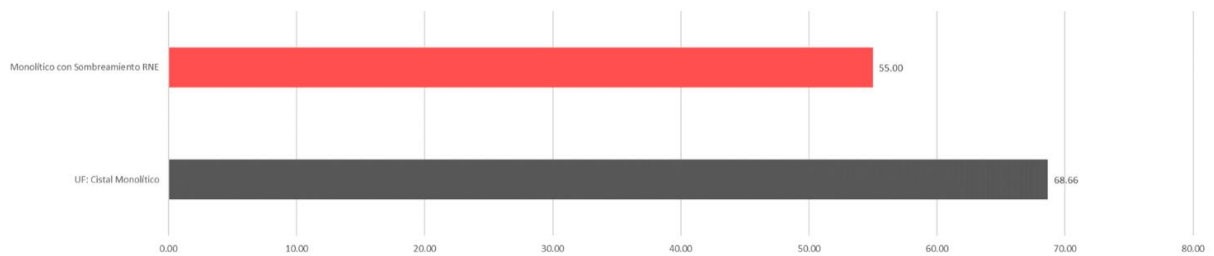


Figura 76: Protección Solar, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

## VENTILACIÓN NATURAL

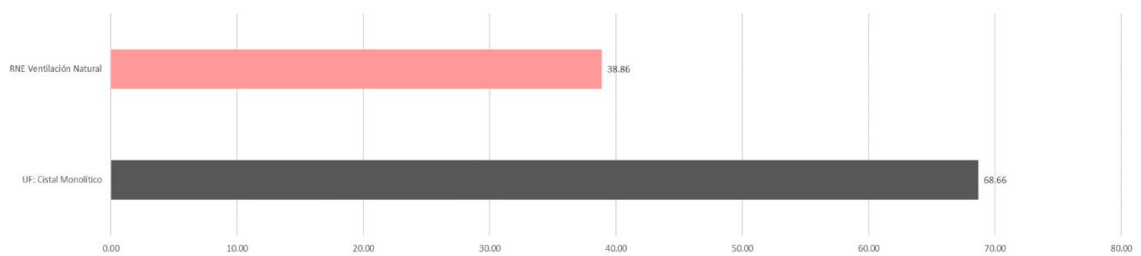


Figura 77: Ventilación Natural, Elaboración Propia, información obtenida de simulación energética en DesignBuilder

### **6.2.2. Iluminación Natural**

Se debe considerar que la implementación de elementos de protección solar en el diseño va a reducir el ingreso de luz natural hacia el interior de la edificación; por ello, se debe seleccionar el sistema óptimo explicado en el punto 6.1.

Se recomienda seleccionar vidrios con un VLT (visible light transmittance) alto, si bien esto significa valores de factor solar altos, con una estrategia de sombreado se puede reducir las ganancias no deseadas por radiación solar.

### **5.2.3. Ventilación Natural**

Existe gran posibilidad de implementar ventilación natural, en el 80% de las horas ocupadas de las oficinas se permite tener un free Cooling. Además, en verano existe la posibilidad de tener enfriamiento nocturno, la temperatura en la noche está entre 19 y 22°C.<sup>151</sup>

### **5.2.4. Acústica**

Con respecto a la Acústica, se recomienda seguir las exigencias del Código Técnico Español descrito en el punto 3.2.4.

En el caso de tener estrategias de ventilación natural frente a una avenida concurrida y por ende se requiera sistemas de aislamiento acústico más sofisticados, se puede evaluar la posibilidad de implementar una doble fachada.

---

<sup>151</sup> EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en < [https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20) >. [02 Mayo 2020]

### 6.3 Análisis de Sensibilidad

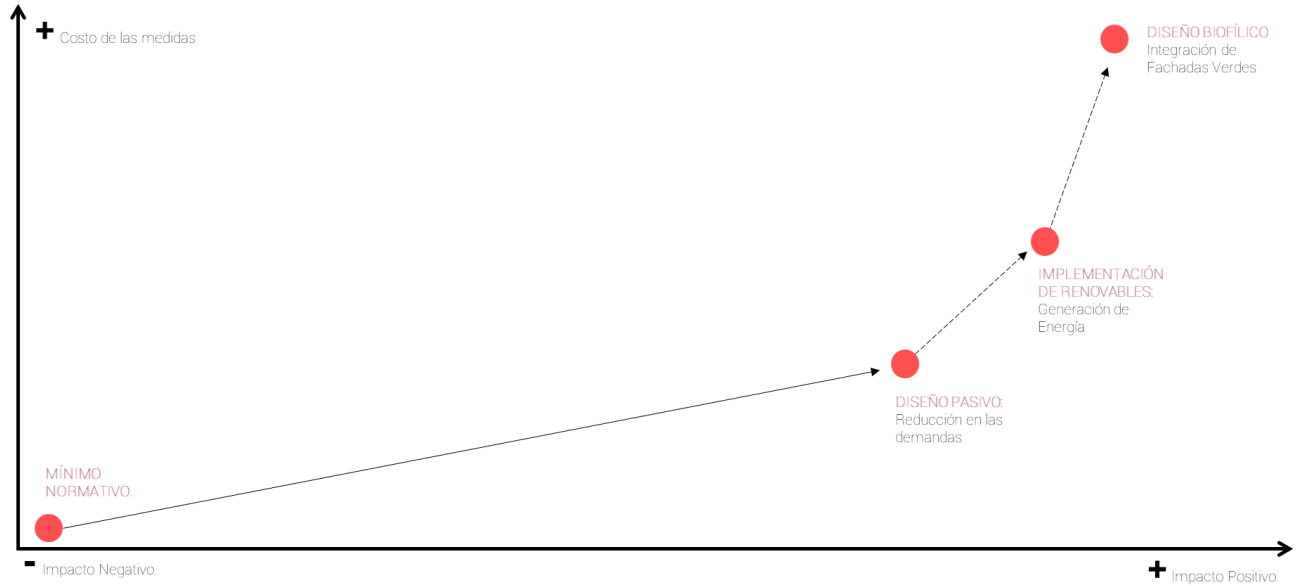


Figura 78: Análisis de Sensibilidad, Elaboración Propia.

Dentro de todas las medidas evaluadas, el diseño pasivo es la que tiene mayor impacto e implica una inversión económica justificada, que podrá ser amortizada en los años de operatividad de la edificación. Se han demostrado reducciones importantes en la demanda de refrigeración obteniendo niveles de calidad ambiental interior altos.

La implementación de energías renovables como es el caso de los paneles fotovoltaicos en fachada son una medida que tiene un impacto positivo; según la simulación en DesignBuilder, en el caso de las oficinas, pueden producir hasta un 26.6% del consumo total energético. Sin embargo, para determinar la amortización de la inversión hace falta un análisis más detallado.

Por último, integrar vegetación en la envolvente tiene beneficios, tales como la biofílicos, estética, bienestar, acústica y reducción en contaminantes; sin embargo, estas medidas suelen ser costosas y conllevan a complejizar en el diseño tanto estructural como arquitectónico de la edificación, así como costos elevados tanto en la implementación como en el mantenimiento de las mismas,

## 7. BIBLIOGRAFÍA:

- Alspach P., Göhring A. (2016): "Acústica". En: Arup Deutschland GmH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschland GmH.
- Andrew Marsh (2010). Sun-Path Lima Perú [online]. Disponible en <[HTTP://ANDREWMARSH.COM/APPS/STAGING/SUNPATH3D.HTML](http://andrewmarsh.com/apps/staging/sunpath3d.html)>
- ASHRAE (2017): *ASHRAE STANDARD 55-2017*, Atlanta: Approved American National Standard (ANSI)
- Babisch W, Beule B, Schust M, Kersten N, Ising H. (2005): *Traffic noise and risk of myocardial infarction*. *Epidemiology* doi:10.1097/01.ede.0000147104.84424.24.
- Belojević G, Öhrström E, Rylander R. (1992): *Effects of noise on mental performance with regard to subjective noise sensitivity*. *Int Arch Occup Environ Health*. 64(4):293-301.
- Blasco M. (2007): Acoustical Performances of Ventilated Double Glass Facades, *EU Cost C13 Glass and Interactive Building Envelopes*, Volume 1 (2), pp. 33-39
- Boning W., Patel R. (2016): "Acústica". En: Arup Deutschland GmH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschland GmH.
- Brager GS. (2013): *Benefits of Improving Occupant Comfort and Well-being in Buildings*. In: *Proceedings of the 4th International Holcim Forum for Sustainable Construction: The Economy of Sustainable Construction*. Mumbai 2013:181-194. [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>  
[https://src.lafargeholcim-foundation.org/dnl/93603859-d59e-498a-b056-405d16e39171/F13\\_OrangeWS\\_Brager.pdf](https://src.lafargeholcim-foundation.org/dnl/93603859-d59e-498a-b056-405d16e39171/F13_OrangeWS_Brager.pdf).
- Brammer A, Laroche C. (2012): *Noise and communication: A three-year update*. *Noise Heal*. 2012;14(61):281.
- British Standards Institution (2007): *BS EN 13779:2007 Ventilation for non-Residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems* Londres: British Standards Institution BS EN 13779:2007
- Bronzaft A. (1975): The Effect of Elevated Train Noise on Reading Ability . *Environ Behav*. [online]. Disponible en <http://eab.sagepub.com/content/7/4/517.full.pdf>.

- Burge S, Hedge A, Wilson S, Bass J, Robertson A. (1987): Sick Building Syndrome: A study of 4373 office workers. *Ann Occup Hyg.* 31(4A):493-504. doi:10.1093/annhyg/31.4A.493.
- Cámara Peruana de la Construcción (2019). *Versión 2 del Código Técnico de la Construcción Sostenible* [online]. Disponible en <<http://www.construccionindustria.com/version-2-del-codigo-tecnico-de-construccion-sostenible/>>
- Campbell N., Reece J. (2007): *Biología 7ªed.* Madrid: Panamericana
- Cárdenas G. (2018): La ciudad y la basura. [online]. Disponible en <<https://rpp.pe/lima/actualidad/la-ciudad-y-la-basura-lima-retrocede-en-la-lucha-por-controlar-sus-residuos-solidos-noticia-1114285>>.
- Chua K., Chou S., Yang W., Yan J. (2013): *Achieving better energy-efficient air conditioning – A review of technologies and strategies.* *Appl Energy.* 2013;104:87-104. doi:10.1016/J.APENERGY.2012.10.037
- Chang TY, Lai YA, Hsieh HH, Lai JS, Liu CS. (2009): *Effects of environmental noise exposure on ambulatory blood pressure in young adults.* *Environ Res;* 109(7):900-905. doi:10.1016/j.envres.2009.05.008.
- Ciudad Sostenible (2018): Plan Verde para la ciudad de Madrid [online]. Disponible en <<https://www.ciudadesostenible.eu/plan-verde-para-la-ciudad-de-madrid/>>.
- CIE, International Commission on Illumination (2002): ISO 8995-2002 (E) *Lighting of indoor work places*, Ginebra: International Organization for Standardization ISO.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/ Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE), (2017): *Evaluaciones del desempeño ambiental.* Perú, Santiago, Naciones Unidas/OCDE.
- Climate-data.org (2020): *Lima Clima* [online]. Disponible en < <https://es.climate-data.org/america-del-sur/peru/lima/lima-1014/> >.
- Czeisler CA, Gooley JJ. (2007): *Sleep and circadian rhythms in humans.* *Cold Spring Harb Symp Quant Biol.* 2007;72:579-597.

doi:10.1101/sqb.2007.72.064Dincer I. y Rosen M., (2013): Exergy: Energy, Environment, and Sustainable Development, 2nd ed. Oxford: Elsevier.

- El Comercio Perú (2017): *Lima y el Estrés hídrico* [online]. Disponible en <<https://elcomercio.pe/lima/lima-estres-hidrico-angus-laurie-156727-noticia/?ref=ecr>>. [04 Mayo 2020]
- EnergyPlus (2020): EPW LIMA 846280 (IWEC) [online]. Disponible en <[https://energyplus.net/weather-region/south\\_america\\_wmo\\_region\\_3/PER%20%20](https://energyplus.net/weather-region/south_america_wmo_region_3/PER%20%20)>.
- Evans GW, Johnson D. (2000): *Stress and open-office noise*. J Appl Psychol. 2000;85(5):779-783. doi:10.1037/0021-9010.85.5.779.
- Fernández, C., Muñoz, A., Du H., Echevarría J., Ramos G., 2018. Exergy as a Measure of Sustainable Retrofitting of Buildings, Energies 2018, Doi: 10.3390/en11113139
- Fisk W. (2002): *Indoor Air Quality Handbook*. New York: McGraw Hill.
- Fisk W. (2002): *How IEQ Affects Health, Productivity*. 2002. [online]. Disponible en <http://doas-radiant.psu.edu/fisk.pdf>.
- Frontczak MWP. (2011): *Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environments*. Build Environ. 2011;46(4):922-937. doi:10.1016/J.BUILDENV.2010.10.021.
- Fyhri A, Aasvang GM. (2010) *Noise, sleep and poor health: Modeling the relationship between road traffic noise and cardiovascular problems*. Sci Total Environ. 2010;408(21):4935-4942.
- García R., Miyashiro J., Santa Cruz P., Rubio D., Marces R., (2015): *Desarrollo o crecimiento urbano en Lima: El caso de los distritos del Sur* [online]. Disponible en < <http://urbano.org.pe/descargas/investigaciones/PERU-HOY/PH-2015.pdf> >
- GBE: Green Building Elements (2014): *The Importance of Façade Engineering* [online]. Disponible en < <https://greenbuildingelements.com/2014/03/25/guest-post-importance-facade-engineering/> >
- Hänninen O, Knol A. (2011): *European Perspective on Environmental Burden of Disease—Estimates for Nine Stressors in Six European Countries*. Natl Inst Heal Welfare Rep. 2011:95.

- Heidemann C, Niemann H, Paprott R, Du Y (2014), Rathmann W, Scheidt-Nave C. *Residential traffic and incidence of Type 2 diabetes: the German Health Interview and Examination Surveys*. Diabet Med. 31(10):1269-1276. doi:10.1111/dme.12480.
- Huizenga C, Abbaszadeh S, Zagreus L, Zagreus L, Arens E. (2006): *Air quality and thermal comfort in office buildings: Results of a large indoor environmental quality survey*. In: Proceedings of Healthy Buildings 2006. Vol 3. 2006:393-397.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI (2018): *Estadísticas Ambientales – Febrero 2018*, Lima, Informe Técnico N°3 Marzo 2018.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2017): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2017*. Lima, INEI
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2018): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2018*. Lima, INEI
- Instituto Nacional de Estadística e Informática – INEI, (2019): *Provincia de Lima Compendio Estadístico 2019*. Lima, INEI
- International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Air Feature, A03 Ventilation Effectiveness* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>
- International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Thermal Comfort Feature, T01 Thermal Performance. Part 1 Support Thermal Environment* [online]. Disponible en <<https://v2.wellcertified.com/v/en/thermal%20comfort/feature/1>>.
- International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Light Feature, Light Overview* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/light>
- International Well Building Institute (2020): *WELL v2 Noise Feature, S02 Maximum Noise Levels* [online]. Disponible en <https://v2.wellcertified.com/v/en/air/feature/3>
- IQAIR, (2020): *Air quality and pollution city ranking* [online]. Disponible en <<https://www.iqair.com/world-air-quality-ranking>>.
- Jahncke H, Hygge S, Halin N, (2011): *Green AM, Dimberg K. Open-plan office noise: Cognitive performance and restoration*. J Environ Psychol. 2011;31(4):373-382. doi:10.1016/j.jenvp.2011.07.002.
- Jarup L, Babisch W, Houthuijs D,(2008) *Hypertension and exposure to noise near airports: the HYENA study*. Env Heal Perspect;116(3):329-333.



- Joarder AR, Price ADF (2012): *Impact of daylight illumination on reducing patient length of stay in hospital after coronary artery bypass graft surgery*. Light Res Technol. 2012;45(4):435-449. doi:10.1177/1477153512455940.
- Kömmerling (2019): *Aislamiento Acústico en ventanas* [online]. Disponible en <<https://retokommerling.com/aislamiento-acustico/>>.
- Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F. (2006): *World Map of Köppen-Geiger climate classification update*. Berlin-Stuttgart, Gebrüder Borntraeger: Meteorologist Zeitschrift, Vol 15, No3.
- La Vanguardia (2016): *La comunidad científica pide más zonas verdes en Barcelona* [online]. Disponible en <<https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20160501/401482328509/comunidad-cientifica-zonas-verdes-barcelona.html>>.
- Lam RW, Levitt AJ, Levitan RD (2016): *Efficacy of bright light treatment, fluoxetine, and the combination in patients with nonseasonal major depressive disorder a randomized clinical trial*. JAMA Psychiatry. 2016;73(1):56-63. doi:10.1001/jamapsychiatry.2015.2235.
- Law A. (2016): "Beneficios". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.
- Lucas RJ, Peirson SN, Berson DM, (2013): *Measuring and using light in the melanopsin age*. Trends Neurosci. 2014;37(1):1-9. doi:10.1016/j.tins.2013.10.004.
- McDonald R.; Weber K.; Padowski J.; Flörke M.; Schneider C.; Green P.; Gleeson T.; Eckman S.; Lehner B.; Balk D.; Boucher T.; Grill G. y Montgomery M. (2014): *Water on an urban planet: Urbanization and the reach of urban water infrastructure*, Amsterdam, Elsevier: Global Environmental Change Vol 27 pp. 96-105
- Meteorología en RED (2013): *La corriente de Humboldt* [online]. Disponible en <<https://www.meteorologiaenred.com/la-corriente-humboldt.html#comments> >.
- Mendell MJ, Fisk WJ, Kreiss K, (2002): *Improving the health of workers in indoor environments: priority research needs for a national occupational research agenda*. Am J Public Health. 2002;92(9):1430-1440. [online]. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12197969>

- Ministerio del Ambiente (2017): *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Aire*, Lima, Normas Legales-El Peruano.
- Ministerio de Energía y Minas MINEM (2016): *La Huella de Carbono y la Eficiencia energética*, [online]. Disponible en < <https://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20160501/401482328509/comunidad-cientifica-zonas-verdes-barcelona.html>>. [05 Mayo 2020]
- Ministerio de la Salud (2011): *Evaluación de Muestras de Agua del Río Rímac y Principales Afluentes con Datos de Digesa y SEDAPAL*. [online]. Disponible en < <http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/rios/2011/Rio-Rimac-abril-2011-DIGESA-SEDAPAL-2.pdf>>.
- Ministerio de Salud (2011): *Estudio de Saturación Lima Metropolitana y Callao Año 2011*. [online]. Disponible en < [http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes\\_tecnicos/Estudio%20de%20Saturacion%202012.pdf](http://www.digesa.minsa.gob.pe/depa/informes_tecnicos/Estudio%20de%20Saturacion%202012.pdf)>.
- Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (2019): *Documento Básico HR, Protección frente al Ruido*. Madrid: Gobierno de España.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2009): *Guía de la Etiqueta de Eficiencia Energética*, Lima, Ministerio de Energía y Minas – Dirección General de Electricidad Guía de la Etiqueta de Eficiencia Energética.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2014): *Normas Legales - Reglamento Nacional de Edificaciones*, Lima, Normas Legales-El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2015): *Normas Legales 560155-Código Técnico de Construcción Sostenible*, Lima, El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2016): *Decreto Supremo que Aprueba el Reglamento de Acondicionamiento y Desarrollo Urbano Sostenible*, Lima, Normas Legales-El Peruano.
- Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (2020). *Nuevo Crédito Mivivienda VERDE* [online]. Disponible en < <https://www.mivivienda.com.pe/portalweb/usuario-busca-viviendas/buscador-home.aspx?op=ncmv> >

- Nicol JF, Humphreys MA. (2002): *Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings*. Energy Build. 2002;34(6):563-572. doi:10.1016/S0378-7788(02)00006-3.
- Olgyay V. (1969). *Design with Climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. Princeton: New Jersey, University Press.
- Ormandy D, Ezratty V.(2012): *Health and thermal comfort: From WHO guidance to housing strategies*. Energy Policy. 2012;49:116-121. doi:10.1016/J.ENPOL.2011.09.003.
- Pérez-Lombard L., Ortiz J., Pout. C. (2008): *A review on buildings energy consumption information*. Energy Build. 2008;40(3):394-398. doi:10.1016/J.ENBUILD.2007.03.007.
- Pickard GE, Sollars PJ. (2012): *Intrinsically photosensitive retinal ganglion cells*. Rev Physiol Biochem Pharmacol. 2012;162:59-90. doi:10.1007/112\_2011\_4.
- Provencio I. (2011): *The hidden organ in your eyes*. Sci Am. 2011;304(5):54-59. doi:10.1038/scientificamerican0511-54.
- Scheuermann R. (2016): "Envolventes vegetales en edificios". En: Arup Deutschalnd GmnH. Eds. *Cities Alive: Envolvente vegetales en edificios*. Berlin: Arup Deutschalnd GmnH.
- Selgrade MK, Plopper CG, Gilmour MI, Conolly RB, Foos BSP. (2007) *Assessing The Health Effects and Risks Associated with Children's Inhalation Exposures—Asthma and Allergy*. J Toxicol Environ Heal Part A. 2007;71(3):196-207. doi:10.1080/15287390701597897.
- Stansfeld SA, Matheson MP. (2003): *Noise pollution: non-auditory effects on health*. Br Med Bull. [online]. Disponible en <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/14757721>
- Sterner C. (2017): *Measuring Daylight: Dynamic Daylighting Metrics & What They Mean for Designers* [online]. Disponible en [https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20\(sDA\)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.](https://blog.sketchup.com/article/measuring-daylight-dynamic-daylighting-metrics-what-they-mean-designers#:~:text=Spatial%20Daylight%20Autonomy%20(sDA)%20describes,of%20the%20annual%20occupied%20hours.)

- Szokolay, S. (2014): *Introduction to Architectural Science, The Basis of Sustainable Design*, New York, Routledge.
- Tamayo J.; Salvador J.; Vásquez A. y Vilches C. (2016): *La Industria de la Electricidad en el Perú, 25 años de Aportes al Crecimiento Económico del País*, Osinergmin, Lima.
- Vargas L. y Carrión T. (2019): *Estado de Desborde: los serios problemas de abastecimiento de agua en Lima Norte* [online]. Disponible en <<https://www.ve-mas.com/noticias/problemas-abastecimiento-lima-norte/>>. [04 Mayo 2020]
- Wargocki P, Wyon DP, Sundell J, Clausen G, Fanger PO (2000): *The effects of outdoor air supply rate in an office on perceived air quality, sick building syndrome (SBS) symptoms and productivity*. *Indoor Air*. 2000;10(4):222-236. [online]. Disponible en <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11089327>.
- Wargocki P, Wyon D. (2017): *Ten questions concerning thermal and indoor air quality effects on the performance of office work and schoolwork*. *Build Environ*. 2017;112:359-366. doi:10.1016/J.BUILDENV.2016.11.020.
- Wargocki P, Wyon DP, Fanger PO. (2000) *Productivity is affected by the air quality in offices*. *Proc Heal Build*. 2000:635-640. [online]. Disponible en [https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase\\_13466.pdf](https://www.aivc.org/sites/default/files/airbase_13466.pdf).
- Xiong J, Lian Z, Zhou X, You J, Lin Y. (2016): *Potential indicators for the effect of temperature steps on human health and thermal comfort*. *Energy Build*. 2016;113:87-98. doi:10.1016/J.ENBUILD.2015.12.031.
- Zhang A. (2003): *Human thermal sensation and comfort in transient and non-uniform thermal environments*. [online]. Disponible en <https://escholarship.org/uc/item/11m0n1wt>.

## 8. ANEXOS:

### ANEXO 1: UF. RESIDENCIAS

NOMBRE	DEMANDAS		GANANCIAS INTERNAS		
	REFRIGERACIÓN	ILUMINACIÓN	ENFRIAMIENTO SENSIBLE	RADIACION SOLAR	OCUPACIÓN
	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
<b>UNIDAD FUNCIONAL</b>					
<b>WINDOW TO WALL: 25%</b>					
NORTE	12.40	2.00	-22.41	45.97	4.53
SUR	8.98	2.00	-16.50	37.30	4.53
ESTE	13.72	2.00	-24.60	42.10	4.53
OESTE	17.85	2.00	-31.50	56.80	4.53
PROMEDIO	13.24	2.00	-23.75	45.54	4.53
<b>WINDOW TO WALL 50%</b>					
NORTE	21.6	2.00	-38.22	94.12	4.53
SUR	14.82	2.00	-26.62	76.34	4.53
ESTE	23.06	2.00	-40.75	86.11	4.53
OESTE	31.68	2.00	-55.65	116.39	4.53
PROMEDIO	22.79	2.00	-40.31	93.24	4.53
<b>WINDOW TO WALL 100%</b>					
NORTE	45.03	2.00	-78.79	208.13	4.53
SUR	30.5	2.00	-53.8	169.17	4.53
ESTE	46.87	2.00	-82.35	191.04	4.53
OESTE	64.69	2.00	-113.81	257.91	4.53
PROMEDIO	46.77	2.00	-82.19	206.56	4.53
<b>SHADING</b>					
<b>WINDOW TO WALL 25% +SHADING</b>					
NORTE	6.34	2.00	-12.24	26.45	4.53
SUR	6.65	2.00	-12.58	29.71	4.53
ESTE	7.42	2.00	-13.76	24.01	4.53
OESTE	9.38	2.00	-16.99	31.40	4.53
PROMEDIO	7.45	2.00	-13.89	27.89	4.53
<b>WINDOW TO WALL 50% +SHADING</b>					
NORTE	8.32	2.00	-15.34	49.80	4.53
SUR	9.89	2.00	-17.93	59.77	4.53
ESTE	9.14	2.00	-16.58	45.74	4.53
OESTE	12.56	2.00	-22.29	60.62	4.53
PROMEDIO	9.98	2.00	-18.04	53.98	4.53
<b>WINDOW TO WALL 100% +SHADING</b>					
NORTE	13.83	2.00	-24.55	104.60	4.53
SUR	17.91	2.00	-32.87	128.41	4.53
ESTE	14.28	2.00	-25.31	96.58	4.53
OESTE	13.85	2.00	-24.56	104.60	4.53
PROMEDIO	14.97	2.00	-26.82	108.55	4.53
<b> AISLAMIENTO</b>					
<b>U MUROS = 2.60 , U VIDRIO = 5.67</b>					
NORTE	12.40	2.00	-22.41	45.97	4.53
SUR	8.98	2.00	-16.50	37.30	4.53
ESTE	13.72	2.00	-24.60	42.10	4.53
OESTE	17.85	2.00	-31.50	56.80	4.53
PROMEDIO	13.24	2.00	-23.75	45.54	4.53
<b>U MUROS = 0.61 , U VIDRIO = 2.64</b>					
NORTE	17.40	2.36	-30.65	28.30	4.53
SUR	12.97	2.34	-23.44	23.10	4.53
ESTE	17.84	2.20	-31.60	26.21	4.53
OESTE	22.03	2.41	-38.60	35.70	4.53
PROMEDIO	17.56	2.33	-31.07	28.33	4.53
<b>U MUROS = 0.35 , U VIDRIO = 2.64</b>					
NORTE	19.18	2.36	-33.52	28.30	4.53
SUR	14.76	2.34	-26.30	23.10	4.53
ESTE	19.50	2.20	-34.21	26.21	4.53
OESTE	23.72	2.41	-41.39	35.69	4.53
PROMEDIO	19.29	2.33	-33.86	28.33	4.53

# ANEXO 2.1: UF. OFICINAS

NOMBRE	DEMANDAS			CONFORT		GANANCIAS INTERNAS						
	REFRIGERACIÓN	VENTILADORES	ILUMINACIÓN	PPD	PMV	ENFRIAMIENTO SENSIBLE	ACRISTALAMIENTO	INFILTRACIONES	RADIACION SOLAR	ILUMINACIÓN	ORDENADORES Y EQUIPOS	OCUPACIÓN
	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	%		kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
<b>UNIDAD FUNCIONAL</b>												
<b>UF: Cristal Monolítico</b>												
UF: NORTE	56.21	17.63	18.31	10.00%	0.22	-131.34	-11.38	-25.23	97.44	18.31	36.82	17.90
UF: SUR	60.00	30.74	19.95	8.23%	0.13	-110.12	-22.38	-23.31	83.62	19.95	36.82	17.90
UF: ESTE	76.70	40.71	19.34	10.93%	0.29	-133.76	-11.76	-27.02	101.12	19.34	36.82	17.90
UF: OESTE	81.72	42.83	18.99	12.03%	0.38	-149.18	-23.29	-28.43	108.89	18.99	36.82	17.90
PROMEDIO	68.66	32.98	19.15	10.30%	0.26	-131.10	-17.20	-26.00	97.77	19.15	36.82	17.90
<b>UF: Cristal doble</b>												
UF doble: NORTE	57.2	17.17	20.88	9.03%	0.25	-109.12	27.25	-25.96	60.51	20.88	36.82	17.9
UF doble: SUR	61.25	29.61	22.65	7.51%	0.17	-115.93	13.45	-24.27	52.25	22.65	36.82	17.9
UF doble: ESTE	77.68	38.73	22.00	10.02%	0.32	-138.74	28.98	-27.69	63.81	22.00	36.82	17.9
UF doble: OESTE	81.88	40.31	21.36	11.03%	0.38	-152.56	39.72	-28.98	68.77	21.36	36.82	17.9
PROMEDIO	69.50	31.46	21.72	9.40%	0.28	-129.09	27.35	-26.73	61.34	21.72	36.82	17.9
<b>SOMBREAMIENTO SEGÚN RNE</b>												
<b>Monolítico con Sombreamiento RNE</b>												
RNE: NORTE	47.27	17.91	26.67	7.86%	-0.02	-91.24	-39.11	-19.91	71.25	26.67	36.82	17.90
RNE: SUR	56.65	28.88	29.00	7.61%	0.04	-98.98	-33.82	-21.35	73.25	29.00	36.82	17.90
RNE: ESTE	55.61	31.27	25.47	7.97%	-0.02	-85.89	-40.80	-20.20	72.70	25.47	36.82	17.90
RNE: OESTE	60.46	35.13	26.41	7.89%	0.06	-98.41	-35.09	-21.91	76.69	26.41	36.82	17.90
PROMEDIO	55.00	28.30	26.89	7.83%	0.02	-93.63	-37.21	-20.84	73.47	26.89	36.82	17.90
<b>Cristal Doble Sombreamiento RNE</b>												
RNE: NORTE	48.46	17.53	27.58	7.15%	0.03	-94.56	-8.61	-21.11	44.48	27.58	36.82	17.9
RNE: SUR	56.37	28.37	30.50	7.03%	0.09	-107.63	-1.09	-22.54	46.18	30.50	36.82	17.9
RNE: ESTE	55.88	26.52	30.10	7.22%	0.03	-93.36	-9.68	-21.36	46.01	30.10	36.82	17.9
RNE: OESTE	61.24	33.6	27.58	7.25%	0.11	-102.50	-2.48	-23.00	48.67	27.58	36.82	17.9
PROMEDIO	55.49	26.51	28.94	7.16%	0.065	-99.51	-5.465	-22.00	46.34	28.94	36.82	17.9
<b>LOUVRES VERTICALES (ESTE-OESTE)</b>												
<b>L. Vertical 20°</b>												
LV20: ESTE	60.60	37.66	25.30	8.36%	0.01	-89.76	-38.90	-21.00	71.64	25.30	36.82	17.90
LV20: OESTE	63.49	40.24	24.89	8.23%	0.05	-93.49	-35.98	-21.81	73.60	24.89	36.82	17.90
PROMEDIO	62.05	38.95	25.10	8.30%	0.03	-91.63	-37.44	-21.41	72.62	25.10	36.82	17.90
<b>L. Vertical 40°</b>												
LV40: ESTE	63.15	36.36	14.57	9.64%	0.15	-104.80	-63.96	-23.32	125.10	14.57	36.82	17.90
LV40: OESTE	68.43	38.18	13.65	10.42%	0.23	-112.62	-69.55	-25.44	141.80	13.65	36.82	17.90
PROMEDIO	65.79	37.27	14.11	10.03%	0.19	-108.71	-66.76	-24.38	133.45	14.11	36.82	17.90
<b>CELOSILLAS</b>												
<b>Chapa perforada 30%</b>												
30%: NORTE	47.21	17.77	25.00	8.02%	-0.01	-91.38	-38.67	-20.20	72.85	25.00	36.82	17.90
30%: SUR	50.11	28.71	24.87	8.04%	-0.06	-83.90	-41.62	-18.99	67.00	24.87	36.82	17.90
30%: ESTE	52.96	29.71	25.51	8.19%	-0.01	-91.20	-39.13	-20.15	72.57	25.51	36.82	17.90
30%: OESTE	55.65	31.38	25.50	8.05%	0.02	-95.09	-35.88	-20.87	73.97	25.50	36.82	17.90
PROMEDIO	51.48	26.89	25.22	8.08%	-0.02	-90.39	-38.83	-20.05	71.60	25.22	36.82	17.90
<b>Cristal Monolítico + Chapa perforada 45%</b>												
45: NORTE	49.40	17.62	26.03	8.08%	0.05	-100.49	-31.90	-21.50	75.86	26.03	36.82	17.90
45: SUR	52.05	28.91	24.49	7.81%	-0.01	-91.07	-38.82	-20.00	72.11	24.49	36.82	17.90
45: ESTE	57.64	31.68	24.82	8.25%	0.06	-100.04	-34.34	-21.91	79.31	24.82	36.82	17.90
45: OESTE	60.86	33.61	23.68	8.26%	0.10	-105.79	-29.89	-22.69	82.40	23.68	36.82	17.90
PROMEDIO	54.99	27.96	24.76	8.10%	0.05	-99.35	-33.74	-21.53	77.42	24.76	36.82	17.90
<b>Cristal Monolítico + Chapa perforada 60%</b>												
60: NORTE	51.20	17.48	24.27	8.39%	0.10	-108.59	-25.81	-22.64	80.62	24.27	36.82	17.90
60: SUR	54.14	29.24	24.75	7.75%	0.03	-95.63	-33.40	-21.11	73.24	24.75	36.82	17.90
60: ESTE	62.91	34.04	24.83	8.68%	0.13	-108.98	-26.85	-23.50	82.49	24.83	36.82	17.90
60: OESTE	66.60	36.07	23.41	8.89%	0.18	-117.11	-21.38	-24.43	87.40	23.41	36.82	17.90
PROMEDIO	58.71	29.21	24.32	8.43%	0.11	-107.58	-26.86	-22.92	80.94	24.32	36.82	17.90
<b>Celosilla</b>												
C: NORTE	43.37	17.36	22.16	8.38%	-0.11	-77.65	-40.11	-17.81	60.53	22.16	36.82	17.90
C: SUR	46.53	27.52	20.36	8.48%	-0.13	-74.37	-41.31	-17.43	59.62	20.36	36.82	17.90
C: ESTE	54.23	32.59	22.02	8.34%	-0.09	-78.73	-40.89	-18.75	63.37	22.02	36.82	17.90
C: OESTE	56.02	34.80	21.08	8.03%	-0.04	-82.28	-38.30	-19.74	66.24	21.08	36.82	17.90
PROMEDIO	50.04	28.07	21.41	8.31%	-0.09	-78.26	-40.15	-18.43	62.44	21.41	36.82	17.90

## ANEXO 2.2: UF. OFICINAS

NOMBRE	DEMANDAS			CONFORT		GANANCIAS INTERNAS						
	REFRIGERACIÓN	VENTILADORES	ILUMINACIÓN	PPD	PMV	ENFRIAMIENTO SENSIBLE	ACRISTALAMIENTO	INFILTRACIONES	RADIACION SOLAR	ILUMINACIÓN	ORDENADORES Y EQUIPOS	OCUPACIÓN
	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	%		kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2	kWh/m2
<b>CRISTALES</b>												
<b>VIDRIO: g=0.74 VLT=0.86</b>												
NORTE	56.21	17.63	18.31	10.00%	0.22	-131.34	-11.38	-25.23	97.44	18.31	36.82	17.90
SUR	60.00	30.74	19.95	8.23%	0.13	-110.12	-22.38	-23.31	83.62	19.95	36.82	17.90
ESTE	76.70	40.71	19.34	10.93%	0.29	-133.76	-11.76	-27.02	101.12	19.34	36.82	17.90
OESTE	81.72	42.83	18.99	12.03%	0.38	-149.18	-23.29	-28.43	108.89	18.99	36.82	17.90
PROMEDIO	68.66	32.98	19.15	10.30%	0.26	-131.10	-17.20	-26.00	97.77	19.15	36.82	17.90
<b>VIDRIO: g=0.55 VLT=0.41</b>												
NORTE	57.71	18.32	33.39	8.60%	0.11	-121.73	9.60	-23.10	50.54	33.39	36.82	17.90
SUR	58.29	31.18	35.21	7.68%	0.04	-103.61	-4.83	-21.50	43.49	35.21	36.82	17.90
ESTE	73.37	39.72	34.22	9.00%	0.17	-122.90	9.49	-24.64	52.65	34.22	36.82	17.90
OESTE	76.39	41.88	32.79	9.35%	0.23	-133.45	18.34	-25.76	56.70	32.79	36.82	17.90
PROMEDIO	66.44	32.78	33.90	8.66%	0.14	-120.42	8.15	-23.75	50.85	33.90	36.82	17.90
<b>VIDRIO: g=0.36 VLT=0.23</b>												
NORTE	48.15	16.91	43.85	7.99%	-0.02	-103.02	2.31	-20.25	25.51	43.85	36.82	17.9
SUR	51.89	29.18	42.30	7.83%	-0.08	-89.73	-9.41	-19.08	21.82	42.30	36.82	17.9
ESTE	63.04	36.22	44.77	7.95%	0.03	-104.6	3.3	-21.65	26.57	44.77	36.82	17.9
OESTE	66.58	43.96	43.96	7.83%	0.07	-111.89	10.14	-22.54	28.71	43.96	36.82	17.9
PROMEDIO	57.42	31.57	43.72	7.90%	0.000	-102.31	1.59	-20.88	25.65	43.72	36.82	17.9
<b>WINDOW TO WALL RATIO</b>												
<b>WINDOW TO WALL: 100%</b>												
NORTE	56.21	17.63	18.31	10.00%	0.22	-131.34	-11.38	-25.23	97.44	18.31	36.82	17.90
SUR	60.00	30.74	19.95	8.23%	0.13	-110.12	-22.38	-23.31	83.62	19.95	36.82	17.90
ESTE	76.70	40.71	19.34	10.93%	0.29	-133.76	-11.76	-27.02	101.12	19.34	36.82	17.90
OESTE	81.72	42.83	18.99	12.03%	0.38	-149.18	-23.29	-28.43	108.89	18.99	36.82	17.90
PROMEDIO	68.66	32.98	19.15	10.30%	0.26	-131.10	-17.20	-26.00	97.77	19.15	36.82	17.90
<b>WINDOW TO WALL: 60%</b>												
NORTE	50.72	16.14	29.13	7.62%	0.13	-110.40	-3.08	-23.43	54.48	29.13	36.82	17.90
SUR	54.63	28.10	30.84	6.94%	0.07	-97.94	-10.80	-22.10	46.81	30.84	36.82	17.90
ESTE	64.16	33.00	30.00	7.87%	0.17	-112.47	-19.00	-24.51	56.54	30.00	36.82	17.90
OESTE	67.60	34.40	28.61	8.16%	0.22	-120.98	5.30	-25.43	60.95	28.61	36.82	17.90
PROMEDIO	59.28	27.91	29.65	7.65%	0.15	-110.45	-6.90	-23.87	54.70	29.65	36.82	17.90
<b>WINDOW TO WALL: 45%</b>												
NORTE	49.57	15.86	36.37	7.11%	0.1	-105.69	-1.56	-22.29	40.16	36.37	36.82	17.9
SUR	53.54	27.46	37.78	6.72%	0.05	-96.12	-8	-21.80	34.5	37.78	36.82	17.9
ESTE	60.1	30.49	37.71	7.17%	0.13	-107.63	-1.1	-23.67	41.37	37.71	36.82	17.9
OESTE	63.17	31.69	35.75	7.28%	0.17	-133.88	4	-24.4	44.92	35.75	36.82	17.9
PROMEDIO	56.60	26.38	36.90	7.07%	0.113	-110.83	-1.67	-23.04	40.24	36.90	36.82	17.9
<b>WINDOW TO WALL: 30%</b>												
NORTE	48.62	15.6	45.7	6.81%	0.05	-102.12	-1	-22.42	25.83	45.70	36.82	17.9
SUR	52.7	26.82	46.77	6.64%	0.04	-95.56	-5.74	-21.66	22.19	46.77	36.82	17.9
ESTE	56.68	28.41	46.35	6.78%	0.10	-103.73	-0.5	-22.89	26.81	46.35	36.82	17.9
OESTE	59.3	29.38	45.76	6.77%	0.13	-108.25	3.1	-23.49	28.9	45.76	36.82	17.9
PROMEDIO	54.33	25.05	46.15	6.75%	0.080	-102.42	-1.04	-22.62	25.93	46.15	36.82	17.9
<b>WINDOW TO WALL: 30% + SHADING</b>												
NORTE	42.7	15.33	35.98	6.98%	-0.06	-80.76	-9.4	-19.44	19.23	35.98	36.82	17.9
SUR	49.97	26.26	43.68	6.73%	-2.95	-87.97	-8.9	-20.71	19.78	43.68	36.82	17.9
ESTE	48.69	26.25	37.41	7.00%	-0.05	-82.21	-9.8	-19.67	19.89	37.41	36.82	17.9
OESTE	51.44	27.9	39.01			-86.59	-7.3	-20.7	21.22	39.01	36.82	17.9
PROMEDIO	48.20	23.94	39.02	6.90%	-1.020	-84.38	-8.85	-20.13	20.03	39.02	36.82	17.9