

# Reflexiones sobre la Reflexión Solar, en Lima

## Reflections on solar reflection, in Lima

Alejandro Gómez<sup>1</sup>

### Resumen

El trabajo de investigación desarrollado es acerca de la incidencia del sol en las fachadas de edificios de Lima, básicamente en Miraflores y San Isidro; tiene por objeto realizar una reflexión sobre el problema que significa la incidencia solar en las fachadas de los edificios y el reflejo de los rayos solares que está provoca sobre las superficies exteriores (veredas, pistas, edificios vecinos, peatones), causando problemas de calor, de deslumbramiento, que perjudican el bienestar de los usuarios y a la ciudad.

El trabajo reflexiona sobre las condiciones negativas que provoca esta situación, primero entendiendo qué es la reflexión solar, cómo los rayos solares inciden en una superficie y se reflejan hacia el exterior, teniendo claro el principio físico de ángulo de incidencia igual al ángulo de reflexión. Se utilizó la geometría solar para comprobar la cantidad de sol que incidía en las superficies de los edificios que se estudiaron y se tomaron mediciones del calor provocado por la reflexión del sol.

El trabajo muestra una realidad que no se ha tomado en cuenta y que se torna crucial ante el crecimiento edilicio en Miraflores y San Isidro, que desarrolla propuestas arquitectónicas que tiene como protagonista al vidrio en sus fachadas, no importando el tipo de vidrio usado, estos tienen reflexiones solares sobre las superficies adyacentes a las edificaciones.

Palabras clave: Reflexión, geometría solar, incidencia, vidrio.

---

<sup>1</sup> Jefe del Laboratorio de Acondicionamiento ambiental FAU-URP, Lima, agomez@urp.edu.pe

## **Abstract**

The research work developed is about the incidence of the sun on the facades of buildings in Lima, basically in Miraflores and San Isidro; Its purpose is to reflect on the problem caused by the solar incidence on the facades of buildings and the reflection of the solar rays that it causes on exterior surfaces (sidewalks, tracks, neighboring buildings, pedestrians), causing heat problems, of glare, which harm the welfare of users and the city.

The work reflects on the negative conditions that this situation provokes, first, understanding what solar reflection is, how solar rays affect a surface and reflect towards the outside, having clear the physical principle of angle of incidence equal to the angle of reflection. Solar geometry was used to verify the amount of sun that affected the surfaces of the buildings that were studied and measurements of the heat caused by the reflection of the sun were taken.

The work shows a reality that has not been taken into account and that becomes crucial to the building growth in Miraflores and San Isidro, which develops architectural proposals that have glass as their protagonist in their facades, regardless of the type of glass used, these they have solar reflections on the surfaces adjacent to the buildings.

Keywords: Reflection, solar geometry, incidence, glass

## INTRODUCCIÓN

El trabajo de investigación analizó la influencia del sol y su incidencia sobre de las fachadas vidriadas de los edificios, la misma que provoca reflexión de los rayos solares sobre las diversas superficies del entorno de los edificios, que al reflejar los rayos solares, influyen de forma negativa en el entorno (calor y deslumbramiento). Este tema no está analizado aún en el país, el Reglamento Nacional de Edificaciones (R.N.E.) no toma esta situación física que se produce, no lo regula, dejando la puerta abierta a un problema que se hace notorio en época soleada en Lima.

Existe una tendencia, cada vez más notoria, por el uso del vidrio expuesto al sol en las edificaciones, lo que provoca que los rayos solares incidan de manera directa a las fachadas, generando incomodidad en los interiores de las edificaciones y al mismo tiempo produce la reflexión de los rayos solares hacia el exterior comprometiendo el bienestar exterior de caminantes, conductores de autos, de edificios vecinos y de las zonas públicas de la ciudad.

Por ello el trabajo demostró cómo estas consideraciones no tomadas en cuenta influyen en las condiciones de bienestar de los usuarios, que se ven perjudicados por la reflexión de los rayos solares en el entorno circundante al edificio para el desarrollo de sus actividades cotidianas.

### Planteamiento del problema

El Perú es un país tropical, ubicado en el Trópico de Capricornio, por ende tiene una incidencia de los rayos solares con tendencia a la perpendicularidad, lo que hace que posea una intensidad muy alta (promedio de radiación solar de 5 kWh/m<sup>2</sup>). La zona tropical es la zona con mayor radiación solar en el mundo. (Ver imagen N°1)

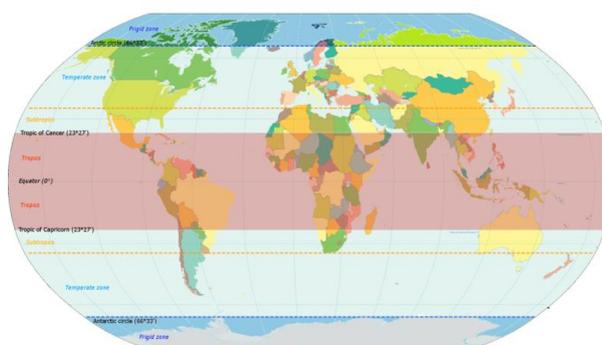


Imagen N° 1: Mapamundi  
Fuente: Dibujo de Mauricio Lucioni

<sup>2</sup> MINEM – SENAMHI (2003). Atlas de Radiación Solar del Perú. 2003

En el campo de la arquitectura, es de consideración relativa, el trabajo de diseño en función de la variable solar para la realización proyectos arquitectónicos que pudieran trabajar aprovechando las ventajas y controlando las desventajas del sol. Por ello se tiene como resultado construcciones que no resuelven el tema de la reflexión solar entre otros.

Actualmente las edificaciones modernas realizadas en los distritos de Miraflores y San Isidro tienen como cerramiento o piel de los edificios, el vidrio como protagonista de la envolvente (Ver Imagen N°2), como una expresión de modernidad; pero que a su vez tiene un comportamiento reflectante respecto de los rayos solares incidentes en las fachadas, no importando el tipo de vidrio. Lo que ocasiona un problema en el entorno inmediato de las edificaciones que están reflejando el sol.



Imagen N° 2: Edificaciones soleadas en Miraflores y San Isidro  
Fuente: Fotos tomadas por Dr. Arq. Alejandro Gómez Ríos

Llama la atención, que la incidencia del sol, que provoca calentamiento, deslumbramiento y reflexión, no sea contemplada como principio de diseño arquitectónico, más aún, reconociendo nuestra situación de país ubicado en el trópico, que obligaría a pensar en respuestas arquitectónicas propias para esta situación y que

mediante éstas se pueda proveer bienestar a los usuarios y la ciudad, evitando el reflejo de los rayos solares al exterior.

El arquitecto chileno Sebastián Castillo Serrano dice: *“La incidencia del sol sobre un edificio influye en función de la época del año, su latitud, nubosidad atmosférica, clima, entorno inmediato y relieve; éstos son algunos de los factores externos al edificio. Factores propios del edificio serán: la composición volumétrica, la reflexión y refracción de los elementos, los colores, la transmitancia térmica de los materiales, calidad de la envolvente térmica, entre otros. Todo esto repercutirá en como la radiación se vuelve beneficiosa o nociva para quien la habita”*<sup>3</sup>.

El tema de la reflexión solar sobre las fachadas es el tema que se analizó para determinar la influencia que puede tener sobre los elementos exteriores cercanos al edificio.

### *Importancia*

La investigación se desarrolló en los distritos de Miraflores y San Isidro, porque son lugares donde la construcción ha desarrollado en los últimos años un crecimiento importante con edificaciones con fachadas y muros cortina de vidrios o con mucho vidrio, provocando reflexión de los rayos solares al exterior (Ver imágenes N°3 y 4),



Imagen N° 3: Edificio Strip Mall en Miraflores  
Fuente: Foto tomada por  
Dr. Arq. Alejandro Gómez Ríos



Imagen N° 4: Reflexión solar en edificio - San Isidro  
Fuente: Foto tomada por  
Dr. Arq. Alejandro Gómez Ríos

---

<sup>3</sup> Castillo, S. (2015).El sol en la arquitectura. Chile. Recuperado de <https://scsarquitecto.cl/sol-arquitectura-introduccion/>

Es importante que se estudie, en base al emplazamiento y la geometría solar del lugar, cómo será el comportamiento de la incidencia solar sobre las superficies de las fachadas, sobre todo de las que tienen elementos vidriados o metálicos que provoquen reflexión hacia el entorno inmediato del edificio, ya que las reflexiones solares inciden en las superficies del entorno inmediato provocando deslumbramiento y calentamiento de las superficies expuestas.

Se tomó en cuenta los principios físicos de la reflexión para el desarrollo del trabajo, la definición de reflexión de la luz dice: *“La reflexión de la luz ocurre cuando las ondas electromagnéticas se topan con una superficie que no absorbe la energía radiante. La onda, llamada rayo incidente se refleja produciendo un haz de luz, denominado rayo reflejado. Si una superficie límite es lisa y totalmente no absorbente se dice que ocurre reflexión especular. En la reflexión especular un solo rayo incidente produce un único rayo reflejado. En el punto de incidencia el rayo incidente, el rayo reflejado y la perpendicular a la superficie límite se encuentran en el mismo plano. El rayo incidente y el rayo reflejado poseen iguales ángulos en relación con la perpendicular y se encuentran sobre lados opuestos de ella”*<sup>4</sup>. (Ver Imagen N°5)

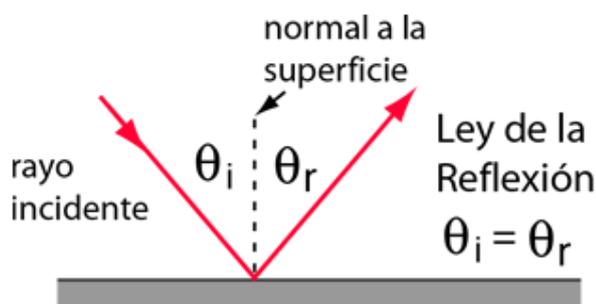


Imagen N°5: Ley de la reflexión  
Fuente: Recuperado de [www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu](http://www.hyperphysics.phy-astr.gsu.edu)

Este hecho físico, la reflexión de la luz solar, es inevitable en los componentes vidriados que conforman las fachadas de las edificaciones, ante lo cual, de acuerdo a la orientación del edificio, la hora del sol y la incidencia del rayo solar que va a provocar la reflexión de la luz solar hacia las zonas exteriores a los edificios e inciden a las superficies circundantes.

Motivo por el cual se estudió uno de los problemas que provoca esta situación física, el calentamiento de las superficies que reciben la reflexión solar. Esto fue estudiado en la zona de trabajo y se determinó la importancia de realizar este trabajo para poder comenzar a estudiar las soluciones ante este problema.

---

<sup>4</sup> Sirlin, E. (2005). La luz en el teatro-Manual de Iluminación. Argentina. Editorial ATUEL.

## *Antecedentes*

Desde la antigüedad existen ejemplos sobre el uso e importancia de la reflexión solar, el ejemplo más claro fue el llamado rayo de calor de Arquímedes, del cual se dice que puede ser un mito o realidad, pero que consistió, según la tradición para defender Siracusa, él creó un sistema de espejos ustorios que reflejaban la luz para concentrarla en los barcos de los enemigos e incendiarlos. Esto según se dice fue porque los rayos solares fueron enfocados hacia los barcos que asediaban y que ardieron por esta acción.

Esta situación, la reflexión de la luz solar, actualmente se presenta de manera nociva al exterior de los edificios actuales, pero puede ser de forma inconsciente, producto del uso extensivo en el mundo de la arquitectura del vidrio en las fachadas de las edificaciones, todo vidrio tiene coeficiente de reflexión de la luz solar. Las mismas reciben la luz solar y una parte es reflejada al exterior de forma tal que incide en los exteriores de las edificaciones.

Siendo que los edificios se deben realizar para poder brindar confort y seguridad a los usuarios, esto no se debe circunscribir al interior del edificio, la zona externa debe tener los mismos cuidados para el bienestar de los usuarios, pero existen proyectos donde se muestra que esto no se previó o estudió adecuadamente. Hay ejemplos que demuestran las terribles consecuencias que suceden al no tener estudiado este problema físico, la reflexión de la luz solar; a continuación se presentan algunos ejemplos de dicho problema.

El caso del hotel VDRA en Las Vegas, diseñado por el arquitecto uruguayo Rafael Viñoly, es un caso que causó una sensación de sorpresa y de incomodidad, este edificio es de una fachada con muro cortina cóncava horizontal, que da hacia la zona de recreación del hotel y esta forma cóncava, concentra los rayos solares hacia la zona de la piscina, este efecto de concentración solar, provoca que alcance temperaturas muy altas, peligrosas para las personas.

Esta situación provocó que un cliente del hotel sufriera la incidencia de un rayo de sol donde se encontraba tomando sol, al sentirlo se retiró lo más pronto que pudo, pero tuvo unas quemaduras en su cuerpo, al volver los vasos de plásticos y su bolso estaban quemados. Esta situación fue noticia en Las Vegas, los periodistas dijeron que

la situación sucedió por el rayo de la muerte que causó quemaduras al usuario de hotel. (Ver imagen N°6)

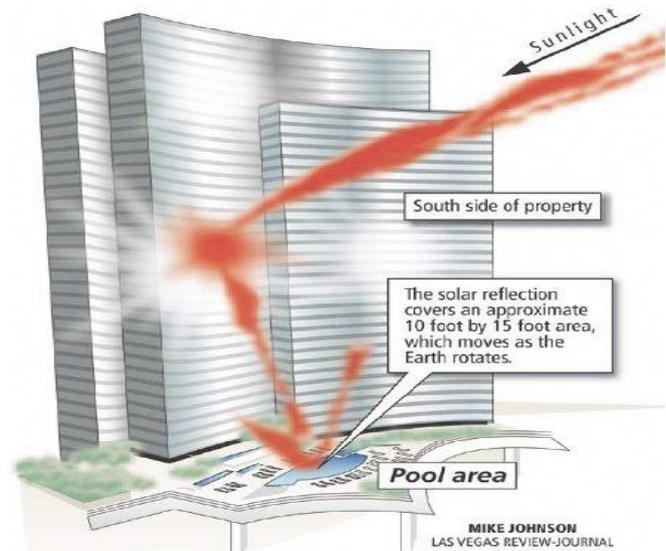


Imagen N°6: Hotel VDRA Las vegas: “El rayo de la muerte”  
 Fuente: Recuperado de <https://www.archdaily.pe> 23.09.18

El mismo arquitecto Rafael Viñoly, proyecta en Londres otro edificio totalmente vidriado de 37 pisos, que tiene forma cóncava pero esta vez de forma vertical y se ensancha conforme gana altura, por la forma lo llamaron Walkie Talkie.

Al igual que en el edificio de Las Vegas, este edificio también concentró el calor hacia la zona de autos y tiendas. Logrando levantar la pintura, derretir piezas del auto y en la tienda quemar los panes. Esto debido a que la temperatura llegó hasta los 72 grados creando un gran problema de seguridad y bienestar en las personas. (Ver Imagen N°7)

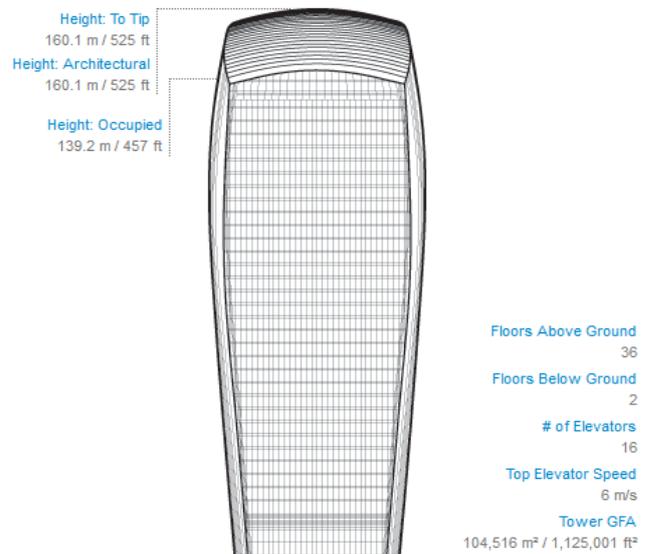


Imagen N°7: Edificio Walkie Talkie Londres: “El rayo de la muerte”  
 Fuente: Recuperado de <https://www.elpais.com> 23.09.18

Estos ejemplos muestran lo peligroso que puede ser la reflexión solar cuando el edificio no está estudiado con respecto del sol y su incidencia, en ambos casos no estudiando que las superficies cóncavas reflejan focalizando en un punto los rayos solares.; esta situación deja la posibilidad a generar grandes problemas que incluso pueden atentar contra la propiedad privada y la salud de los usuarios.

Cabe resaltar que aquí en Lima existe una radiación solar mucho más intensa que en Europa motivo por el cual los problemas pueden ser mayores, esto inspiró para hacer el estudio, para ver qué sucede con la reflexión solar en las zonas externas de los edificios de Miraflores y San Isidro

### **Marco conceptual**

La investigación se desarrolló teóricamente bajo los principios de la geometría solar y de los aspectos físicos de la reflexión de la luz solar proyectados a los exteriores de las edificaciones.

#### Geometría Solar

El arquitecto argentino Pablo Azqueta indica que la geometría solar: *“Trata en principio de los recorridos aparentes del sol y en su localización en distintas fechas y horas para, de ese modo, predecir su interacción con planos y volúmenes en el espacio, en función de su ubicación relativa. Estos recorridos se representan en gráficos que son herramientas útiles para el diseño arquitectónico”*<sup>5</sup>.

En el caso del Perú, es crucial la comprensión del movimiento aparente del sol, el país está ubicado en el trópico y la ciudad de Lima, donde se encuentran los distritos de estudio, tiene una latitud de  $-12^{\circ}06'51''$  y una longitud de  $-77^{\circ}03'27''$ ; estas coordenadas permiten además de ser referencia geográfica, estudiar la referencia solar, o sea, obtener la geometría solar del lugar de estudio.

El estar en el trópico, significa tener una percepción solar diferente a los países desarrollados que están fuera del trópico. Al tener los países fuera del trópico más inclinación en las latitudes mayores a  $24^{\circ}$ , el sol se encuentra más inclinado, con tendencia a caer tangencialmente al plano de tierra ven el sol en el cuadrante sur de forma anual.

---

<sup>5</sup> Azqueta, P (2012). Conceptos, definiciones y ecuaciones usadas en geometría solar. Argentina. Editorial UNR

En cambio, en la zona tropical, donde se encuentra el Perú, existen peculiaridades acerca del movimiento del sol, respecto de los países que están fuera del trópico; el sol se percibe con tendencia a la perpendicularidad la llegada al plano de tierra de los rayos solares fue una de ellas, lo cual implica intensa radiación solar en planos horizontales.

La otra particularidad, además de seguir la trayectoria Este-Oeste; es que el movimiento aparente del sol tiene una trayectoria ubicada en el cuadrante Norte durante siete meses, tomando como fecha los 21 de cada mes, esos son los meses de Marzo, Abril, Mayo, Junio, Julio, Agosto y Setiembre y una trayectoria desde el cuadrante Sur durante cinco meses, tomando como fecha los 21 de cada mes, esos son los meses de Octubre, Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero, es decir, el sol incide en todas las caras de los edificios según época del año.

Estos datos deben ser tomados en cuenta al momento de la decisión del diseño de las formas de la arquitectura para aprovechar o controlar el sol, ya que existe posición solar en los cuatro puntos cardinales en diferentes épocas del año, es decir, existe una ubicación solar al norte y sur en los distritos de estudio, como se observa en la imagen N°8.

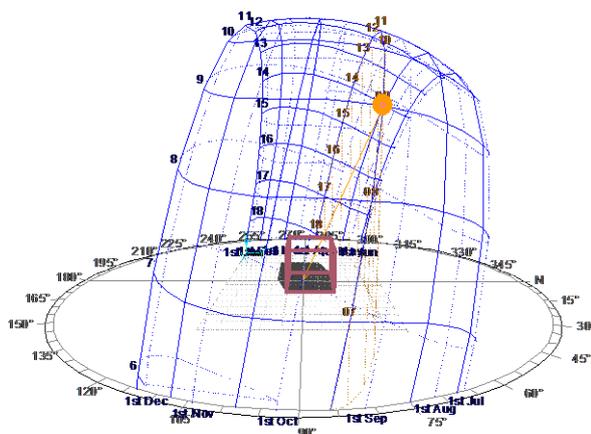


Imagen N°8: Bóveda celeste de Lima  
Fuente: Propia (Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011)

De la geometría solar se obtiene las coordenadas celestes, ángulos solares de azimut (se miden en planta o vista superior) y de altura (se miden en corte o elevación). Esta información permite tomar en consideración la incidencia solar en las edificaciones y tomar decisiones de control o aprovechamiento solar.

Con la geometría solar se puede predecir el comportamiento de las edificaciones respecto del sol, como es el caso de la investigación que procura analizar la reflexión del sol en las fachadas vidriadas de los edificios.

### Reflexión de la luz solar

Según John Lekner, en su libro *Theory of Reflection, of Electromagnetic and Particle Waves*: “La reflexión es el cambio de dirección de una onda, que, al entrar en contacto con la superficie de separación entre dos medios cambiantes, regresa al punto donde se originó. Ejemplos comunes son la reflexión de la luz, el sonido y las ondas en el agua.

*La luz es una manifestación de energía. Gracias a ella las imágenes pueden ser reflejadas en un espejo, en la superficie del agua o un suelo muy brillante. Esto se debe a un fenómeno llamado reflexión de la luz. La reflexión ocurre cuando los rayos de luz que inciden en una superficie chocan en ella, se desvían y regresan al medio que salieron formando un ángulo igual al de la luz incidente.*

*Es el cambio de dirección, en el mismo medio, que experimenta un rayo luminoso al incidir oblicuamente sobre una superficie. Para este caso las leyes de la reflexión son las siguientes:*

**1a. Ley:** *El rayo incidente, el rayo reflejado y la normal, se encuentran en un mismo plano.*

**2a. Ley:** *El ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión<sup>6</sup>.*

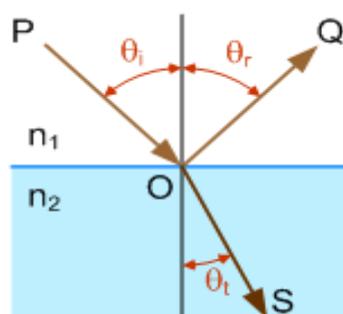


Imagen N°9: Reflexión de la luz  
Fuente: Recuperado de [https://es.wikipedia.org/wiki/Reflexión\\_\(física\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Reflexión_(física))

Este fenómeno físico es parte fundamental de la investigación, ya que la incidencia de los rayos solares sobre las superficies de las fachadas de los edificios varían en el transcurso del día, por el movimiento aparente del sol, pudiéndose estudiar a través de los ángulos de azimut y altura solar.

<sup>6</sup> Lekner, John (1987). *Theory of Reflection, of Electromagnetic and Particle Waves*. USA. Editorial Springer

Con esa información y con el concepto físico de la reflexión de la luz, que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión, se procedió a analizar los casos de estudio y determinar la problemática de trabajo y su incidencia en el entorno.

## **OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS**

### **Objetivo Central**

Estudiar la incidencia de los ángulos solares en las fachadas de edificios con fachadas vidriadas y el fenómeno de la reflexión de los mismos hacia el entorno circundante.

### **Objetivos Específicos**

1. Estudiar el emplazamiento de los edificios estudiados.
2. Estudiar los edificios con los conceptos de geometría solar y reflexión de la luz.
3. Hacer mediciones de temperatura ambiente y de las superficies exteriores comprometidas por la reflexión de la luz solar.

## **MÉTODO**

### **Tipo de investigación**

El desarrollo del trabajo investigación fue aplicada, porque se emplearon los conocimientos de la metodología de geometría solar (movimiento aparente del sol) y el principio físico de la reflexión de la luz solar, en la evaluación los edificios estudiados.

### **Método de investigación**

La investigación fue experimental, porque se desarrolló el estudio bajo los principios de la geometría solar (movimiento solar) y la reflexión de la luz solar, tomando mediciones de temperatura, para comprobar la trascendencia de la luz reflejada por las fachadas vidriadas en el exterior de los edificios.

Estos análisis permitieron observar las performances de las propuestas en las maquetas arquitectónicas en el aspecto solar:

- La incidencia solar en fachadas-horas de sol.
- Análisis de zonas externas soleadas por reflexión.
- Aumento de temperatura de las zonas externas soleadas.

El trabajo permitió analizar la performance de los espacios externos soleados por la reflexión de la luz solar. Con el apoyo de simulación a través del software, se pudo comprobar la incidencia de sol en diferentes épocas del año en las edificaciones.

### **Diseño de investigación**

La investigación se centró en las tipologías de edificios en Miraflores y San Isidro con las características de fachadas totalmente vidriadas o con gran parte con vidrios. Se trabajó con el análisis de gabinete y de campo que permitió obtener la data para establecer los problemas de temperatura que genera el soleamiento por reflexión.

Con estas muestras se obtuvieron indicadores del aumento de temperatura de las superficies externas aledañas a los edificios estudiados, determinando las diferencias que existieron en las superficies medidas (pavimento, asfalto) en sombra, en sol directo y en sol reflejado.

### **Instrumento de recolección de datos**

Para realizar la investigación se trabajó con los siguientes pasos:

#### Trabajo de campo

Paso 1: Recopilación de información in situ (fotos, levantamientos arquitectónicos, levantamiento fotográfico, mediciones de temperatura, encuestas, etc.)

Paso 2: Lectura y evaluación de trabajos de investigación del extranjero, recopilación de información climatológica, información físico-urbana.

Paso 3: Estudio y análisis de las características físicas del lugar y de los edificios.

#### Trabajo de gabinete

Paso 4: Análisis de la incidencia solar en los edificios y de los materiales propios de los edificios.

Paso 5: Análisis de la data tomada en el trabajo de campo.

Paso 6: Análisis y diagnóstico de la situación de las viviendas en Molinos Jauja.

Paso 7: Análisis y diagnóstico de la situación de las zonas externas a los edificios de estudio.

Paso 8: Conclusiones y recomendaciones.

### **Técnicas de procesamiento de datos**

La investigación se inició con la descripción del lugar, las características climáticas y solares del emplazamiento de los edificios de estudio, entrevistas a los usuarios, levantamientos arquitectónicos.

El análisis arribó a un diagnóstico que permitió conocer las condiciones exteriores de los espacios que recibieron la reflexión de la luz solar, observando el aumento de temperatura que aconteció durante las mediciones de temperatura.

Se evaluaron los edificios con los resultados obtenidos y con apoyo de simulador para visualizar la reflexión de la luz solar basados en el principio de ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión y analizar la zona de llegada de la luz solar en el exterior del edificio.

## **RESULTADOS**

El análisis del estudio de los edificios permitió comprobar la importancia del trabajo de investigación, ya que todos los edificios estudiados tuvieron problemas con la incidencia solar y proyectaron por reflexión los rayos solares a su entorno cercano, aumentando la temperatura superficial de los materiales que recibieron la reflexión solar.

Se estudiaron 12 edificios, de los cuales se eligieron 4 para mostrar el problema:

- Strip Mall Paso 28 de Julio en Miraflores.
- Centro empresarial Leuro en Miraflores.
- Edificio BBVA Continental en San Isidro.
- Edificio Hotel Westin Libertador en San Isidro.

Todos los edificios, a pesar de estar ubicados en diferentes emplazamientos y con diferentes orientaciones, tuvieron gran incidencia solar, porque en el país hay sol en posición con ubicación en cuadrante norte y sur, además del este y oeste. Por lo

que se pudo determinar gracias a la geometría solar la incidencia del sol y la reflexión de mismo en las zonas exteriores de los mismos.

Se hicieron mediciones de temperatura sobre las superficies que **recibían el sol directamente**, las que recibían la **reflexión de los rayos solares**, las que **estaban en sombra** y se observó un incremento en la temperatura de la superficie con **soleamiento por reflexión** en todos los casos. Se pone como ejemplo del trabajo cuatro de los edificios con sus promedios de temperaturas e incidencia solar.

En la imagen N°10 se puede apreciar la orientación del edificio Strip Mall Paso 28 de Julio, con fachadas sur, sur-oeste(las horas de tarde de todo el año) y la reflexión solar del 6 de abril a las 15.00 horas como ejemplo (se observa el principio físico de la reflexión de la luz, ángulo de incidencia 43° es igual al ángulo de reflexión 43°) se puede observar la reflexión solar y además en el Tabla N°1 se puede apreciar las diferencias de temperatura entre la zona con reflexión solar, la zona en sombra y la zona con sol directo.

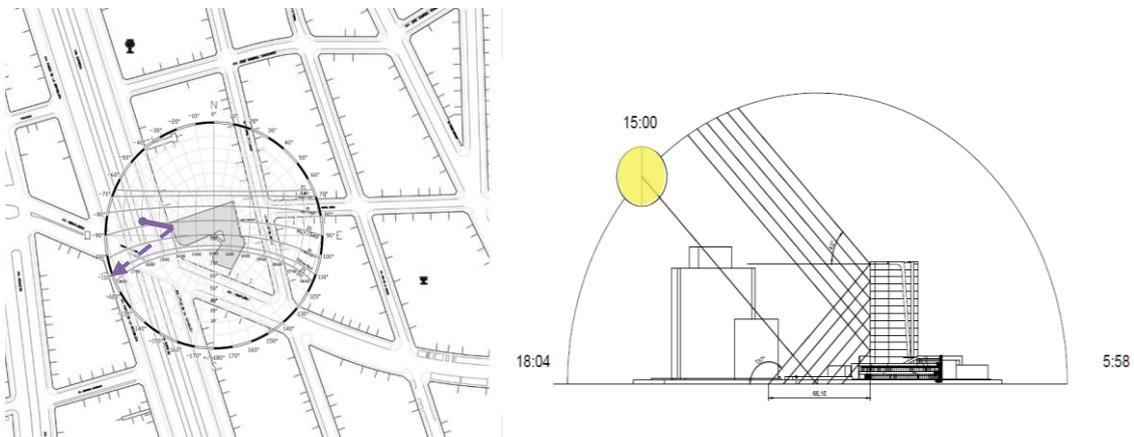


Imagen N°10: Orientación Edificio Strip Mall Paso 28 de Julio y Reflexión de la luz solar  
Fuente: Propia con gráfico solar y ángulo de altura solar

EDIFICIO STRIP MALL PASO 28 DE JULIO-MIRAFLORES			
MATERIAL	SOMBRA	SOL	REFLEXION CON SOL
ASFALTO - VIA	38.1°	48.4°	51.3°
CONCRETO - VEREDA	38.4°	47.3°	50.8°
CONCRETO-PUENTE	38.5°	47.9°	51.1°
TEMP AMBIENTE PROMEDIO 25.1° C	MEDICIONES DE 2.00 A 4.00 PM.		

Tabla N°1: Promedio de medición de temperatura de Edificio Strip Mall Paso 28 de Julio  
Fuente: Propia con termómetro infrarrojo 883

La zona que recibe la **reflexión del sol** muestra un aumento de temperatura de 3° promedio en comparación de la zona soleada directamente, esto demuestra que la incidencia del **sol reflejado** sobre las superficies exteriores aumenta la temperatura, perjudicando el ambiente exterior. El mismo que de por sí al recibir el sol directamente se calienta de forma intensa (por encima de los 45°), pero con la **reflexión solar** se ve potenciado esta ganancia de temperatura y aumenta el calentamiento (promedio 51°) notándose el problema de forma directa. Aumento de temperatura de las zonas reflejadas por el sol.

En la imagen N°11 se puede apreciar la orientación del edificio Centro empresarial Leuro, con fachadas sur, oeste (las horas de tarde de todo el año) y la reflexión solar del 22 de marzo a las 15.00 horas como ejemplo (se observa el principio físico de la reflexión de la luz, ángulo de incidencia 47° es igual al ángulo de reflexión 47°) se puede observar la reflexión solar y además en el Tabla N°2 se puede apreciar las diferencias de temperatura entre la zona con reflexión solar, la zona en sombra y la zona con sol directo.

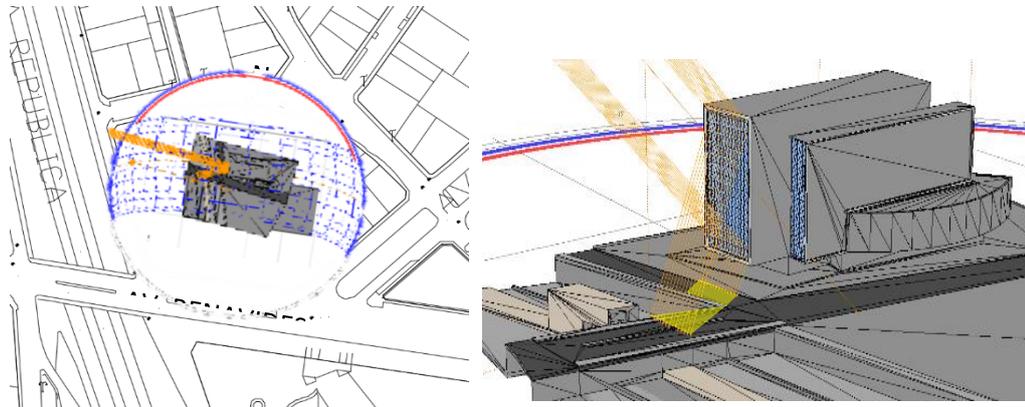


Imagen N°11: Orientación Edificio Centro empresarial Leuro y Reflexión de la luz solar  
Fuente: Propia con gráfico solar y ángulo de altura solar

EDIFICIO CENTRO EMPRESARIAL LEURO-MIRAFLORES			
MATERIAL	SOMBRA	SOL	REFLEXION CON SOL
ASFALTO - VIA	38.5°	47.6°	50.0°
CONCRETO - VEREDA	38.8°	42.5°	47.2°
TEMP AMBIENTE PROMEDIO 25.1° C	MEDICIONES DE 2.00 A 3.00 PM.		

Tabla N°2: Promedio de medición de temperatura de Edificio Centro empresarial Leuro  
Fuente: Propia con termómetro infrarrojo 883

La zona que recibe la **reflexión del sol** muestra un aumento de temperatura de 3.5° promedio en comparación de la zona soleada directamente, esto demuestra que la incidencia del **sol reflejado** sobre las superficies exteriores incrementa su

temperatura, perjudicando el ambiente exterior. El mismo que de por sí al recibir el sol directamente se calienta de forma intensa (por encima de los 44.5°), pero con la **reflexión solar** se ve potenciada esta ganancia de temperatura y aumenta el calentamiento (promedio 49°) notándose el problema de forma directa. Aumento de temperatura de las zonas reflejadas por el sol.

En la imagen N°12 se puede apreciar la orientación del edificio BBVA Continental, con fachadas nor-oeste, sur-este (las hora de tarde y mañana) y la reflexión solar del 4 de abril a las 15.00 horas como ejemplo (se observa el principio físico de la reflexión de la luz, ángulo de incidencia 50° es igual al ángulo de reflexión 50°) se puede observar la reflexión solar y además en el Tabla N°3 se puede apreciar las diferencias de temperatura entre la zona con reflexión solar, la zona en sombra y la zona con sol directo.

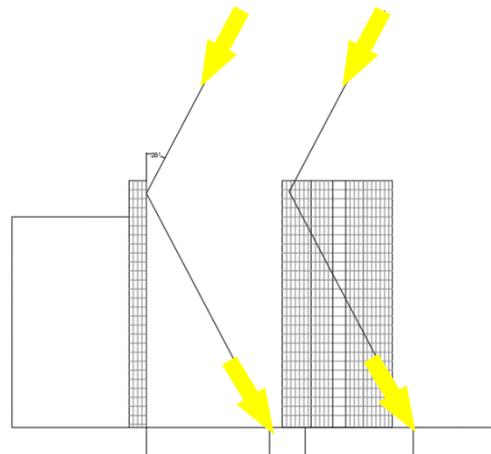
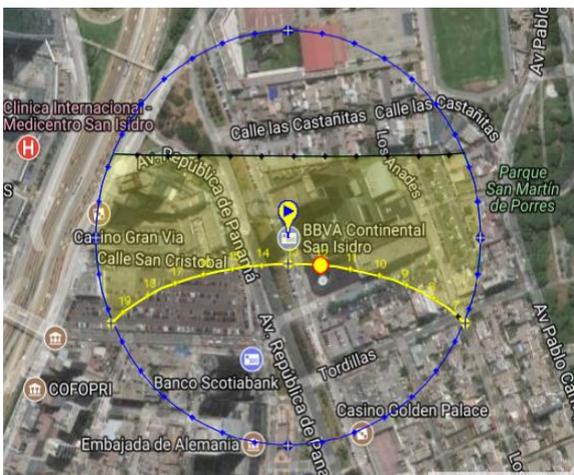


Imagen N°12: Orientación BBVA Continental y Reflexión de la luz solar  
Fuente: Propia con gráfico solar y ángulo de altura solar

EDIFICIO BBVA CONTINENTAL-SAN ISIDRO			
MATERIAL	SOMBRA	SOL	REFLEXION CON SOL
ASFALTO - VIA	37.9°	42.6°	49.1°
CONCRETO - VEREDA	36.8°	40.5°	47.2°
TEMP AMBIENTE PROMEDIO 25.0° C	MEDICIONES DE 2.00 A 2.45 PM.		

Tabla N°3: Promedio de medición de temperatura de Edificio BBVA Continental  
Fuente: Propia con termómetro infrarrojo 883

La zona que recibe la **reflexión del sol** muestra un aumento de temperatura de 7° promedio en comparación de la zona soleada directamente, esto demuestra que la incidencia del **sol reflejado** sobre las superficies exteriores aumenta la temperatura, perjudicando el ambiente exterior. El mismo que de por sí al recibir el sol directamente se calienta de forma intensa (por encima de los 41°), pero con la reflexión se ve

potenciado esta ganancia de temperatura y aumenta el calentamiento (promedio 48°) notándose el problema de forma directa. Aumento de temperatura de las zonas reflejadas por el sol.

En la imagen N°13 se puede apreciar la orientación del edificio del Hotel Westin Libertador, con fachadas norte, sur, este, oeste (las horas de tarde y mañana) y la reflexión solar del 21 de marzo a las 14.00 horas como ejemplo (se observa el principio físico de la reflexión de la luz, ángulo de incidencia 58° es igual al ángulo de reflexión 58°) se puede observar la reflexión solar y además en el Tabla N°4 se puede apreciar las diferencias de temperatura entre la zona con reflexión solar, la zona en sombra y la zona con sol directo.

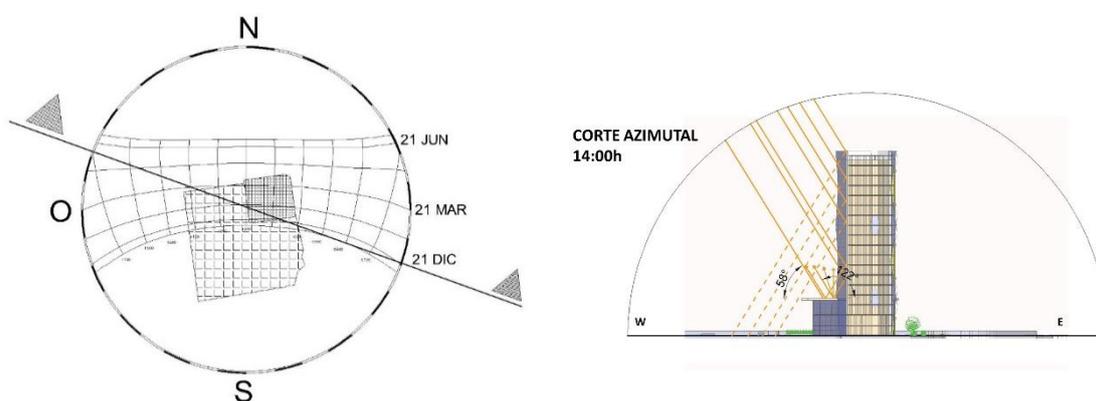


Imagen N°13: Orientación Hotel Westin Libertador y Reflexión de la luz solar  
Fuente: Propia con gráfico solar y ángulo de altura solar

EDIFICIO HOTEL WESTIN LIBERTADOR-SAN ISIDRO			
MATERIAL	SOMBRA	SOL	REFLEXION CON SOL
ASFALTO - VIA	25.5°	44.6°	49.0°
CONCRETO - VEREDA	25.0°	43.0°	48.2°
TEMP AMBIENTE PROMEDIO 25.0° C	MEDICIONES DE 2.00 A 3.00 PM.		

Tabla N°4: Promedio de medición de temperatura de Hotel Westin Libertador  
Fuente: Propia con termómetro infrarrojo 883

La zona que recibe la **reflexión del sol** muestra un aumento de temperatura de 5° promedio en comparación de la zona soleada directamente, esto demuestra que la incidencia del **sol reflejado** sobre las superficies exteriores aumenta la temperatura, perjudicando el ambiente exterior. El mismo que de por sí al recibir el sol directamente se calienta de forma intensa (por encima de los 43°), pero con la reflexión se ve potenciado esta ganancia de temperatura y aumenta el calentamiento (promedio 48°) notándose el problema de forma directa. Aumento de temperatura de las zonas reflejadas por el sol.

Es evidente que la situación de aumento de temperatura en las zonas que reciben el sol reflejado, la diferencia es por encima de los 4° en promedio, se manifiesta en todos los casos, no importando el emplazamiento, la orientación, ni la hora del día; lo que permite deducir lo peligroso que es este aumento de temperatura para el confort en las zonas exteriores que reciben esta influencia que se genera por la reflexión de la, luz solar.

A partir de esta comprobación, se puede inferir que existe un problema de calentamiento de la ciudad producto de la reflexión de la luz solar hacia los exteriores, donde además de calentar las superficies horizontales, puede calentar construcciones vecinas y perturbar por deslumbramiento a los conductores, caminantes y viviendas aledañas que van a tener que sufrir las consecuencias de esta reflexión.

## **DISCUSIÓN**

El sol es un elemento importante a la hora de realizar trabajos de diseño de arquitectura y urbanismo. La geometría solar permite hacer una planificación estratégica de la arquitectura y urbanismo, para aprovechar las ventajas y controlar las desventajas del sol en procura del bienestar de los usuarios.

Siendo esto así, preocupa poder comprobar con este trabajo, que actualmente al desarrollarse la arquitectura con elementos con condiciones de reflexión, los vidrios, no se prevea las posibles consecuencias de un hecho físico que se va a dar ante estas superficies, la reflexión de la luz solar.

En este trabajo queda claro que no importa el tipo de vidrio que reciba la luz solar, estas superficies van a tener una condición de reflexión que hace que el sol sea dirigido hacia el exterior del edificio y provoque que esta incidencia aumente la temperatura de las superficies que lo recibe.

## **CONCLUSIONES**

Estudiar la geometría solar de cada lugar y las condiciones físicas de las envolventes transparentes en las edificaciones permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- Por el movimiento aparente del sol, las fachadas reciben sol desde diferentes posiciones y la luz solar se refleja hacia las superficies exteriores de forma dinámica durante el día.
- Las superficies vidriadas tienen coeficientes de reflexión que permiten que la luz solar se proyecte a las superficies aledañas provocando aumento de temperaturas.
- La incidencia de la reflexión de la luz solar sobre elementos externos (pistas, veredas, conductores, transeúntes, etc.) sea cual fuera su materialidad y con diferentes coeficientes de absorción del calor, afectan al bienestar pues provocan un incremento de temperatura que modifica las condiciones externas de mayor manera.

La investigación pretende ser un aporte para entender este fenómeno físico que sucede sin distinción del tipo de edificio, vidrio o ubicación; a partir de este tema Reflexión sobre las reflexiones solares, se abren nuevas oportunidades de investigación para conseguir disminuir la ganancia térmica de los espacios abiertos.

## REFERENCIAS

- Azqueta, P (2012). Conceptos, definiciones y ecuaciones usadas en geometría solar. Argentina. Editorial UNR.
- Castillo, S. (2015). El sol en la arquitectura. Chile. Recuperado de <https://scsarquitecto.cl/sol-arquitectura-introduccion/>
- Givoni, B. (1998). Climate considerations in building and urban design. New York. Editorial Van Nostrand Reinhold.
- Lekner, John (1987). Theory of Reflection, of Electromagnetic and Particle Waves. USA. Editorial Springer
- Olgay, V. (1998). Arquitectura y Clima: Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Barcelona: Editorial Gustavo Gili.
- MINEM – SENAMHI (2003). Atlas de Radiación Solar del Perú. Ministerio de Energía y Minas.
- Sirlin, E. (2005). La luz en el teatro-Manual de Iluminación. Argentina. Editorial ATUEL.
- Wieser, M. (2006). Geometría solar para arquitectos. Lima: Editorial Universidad Ricardo Palma.