

Sol y Arquitectura

Sun and Architecture

Alejandro Gómez¹

Resumen

El trabajo de investigación pretende entender la dimensión de la relación del sol para el desarrollo del trabajo arquitectónico. Comprendiendo primero, cómo el hombre se ha visto influenciado por el sol desde la antigüedad, para su vida diaria en el hábitat natural en el que se desarrolló, así como en el hábitat construido que creó y que fue desarrollado en función de la incidencia del sol en los volúmenes arquitectónicos.

El trabajo inicia analizando la historia, cómo las civilizaciones antiguas han interactuado con el sol, cómo fueron descubriendo la importancia del sol en la arquitectura. Luego se estudia las formas de aplicación que desarrollaron las culturas antiguas para poder construir y se analiza cómo se está trabajando en la actualidad.

Finalmente, basados en la teoría de la Geometría Solar, se estudia si en la actualidad se considera al sol para el desarrollo de soluciones arquitectónicas en el ámbito nacional, de forma tal que se puede entender la importancia que ha tenido y tiene el sol en el desarrollo de la arquitectura.

Palabras claves: Sol, Energía, Geometría Solar, Radiación, Diferencia de Presiones.

Abstract

The research work aims to understand the dimension of the relationship of the sun for the development of architectural work. Understanding first, how man has been influenced by the sun since antiquity, for his daily life in the natural habitat in which it developed, as well as in the built habitat that he created and that was developed based on the incidence of the sun in architectural volumes.

The work begins by analyzing history, as ancient civilizations have interacted with the sun, how they were discovering the importance of the sun in architecture. Then we study the forms of application that ancient cultures developed in order to build and analyze how they are currently working.

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

Finally, based on the theory of Solar Geometry, it is studied if the sun is currently considered for the development of architectural solutions in the national scope, in such a way that it is possible to understand the importance that the sun has had and has in the development of architecture.

Keywords: Sun, Energy, Solar Geometry, Radiation, Difference of Pressures.

INTRODUCCIÓN

El sol ha sido y es el eje fundamental para la vida, el sol por lo tanto, es fuente de vida, permite la fotosíntesis, genera las temperaturas adecuadas para que exista la vida, propicia las condiciones para el desarrollo de todas las especies en el planeta.

El sol ha sido la forma para medir el tiempo; los días, meses, años fueron medidos con el sol en calendarios, utilizándolo luego de forma pasiva para obtener mejores condiciones de cosechas, así como también, para obtener bienestar interior en las edificaciones, quiere decir, que en relación al aprovechamiento de la radiación solar se han organizado siempre las comunidades humanas en todo el orbe. La energía solar es virtualmente inagotable, por lo que se podría resolver el tema del consumo energético del planeta.

Por ello, desde siempre los seres humanos han tenido la necesidad de aprovechar o controlar el sol como recurso de vida, es decir, utilizaron el sol para poder convivir adecuadamente en el ambiente, para poder sembrar y cosechar, para poder cobijarse del calor o frío; logrando desarrollar con el paso del tiempo unas soluciones arquitectónicas y urbanas que manejaban con una adecuada disposición de sus volumetrías, materiales y orientaciones, así como también manejaron su vida en función del sol y las estaciones.

El Dr. Wieser² indica que el movimiento aparente del sol debería ser siempre uno de los aspectos determinantes en la concepción de los edificios y de las ciudades. Por ello se desarrolla el trabajo de investigación para poder determinar la adecuada forma de utilizar, controlando o aprovechando la energía del sol en el desarrollo de los proyectos arquitectónicos.

Planteamiento del problema

En la actualidad el desarrollo de la arquitectura ha incorporado técnicas constructivas que permiten realizar edificaciones que no se preocupan por las condiciones físicas del lugar, dentro del cual el sol es un aspecto importante.

La abundancia de edificaciones con climatización artificial, sin previsiones por un tema fundamental como es la incidencia del sol, provoca un gasto energético mayor que va en crecimiento, tal como indica el Balance Energético Nacional del MEM del 2014, según informe de OSINERGMIN.

² Profesor principal de la Universidad Ricardo Palma y de la Pontificia Universidad Católica del Perú

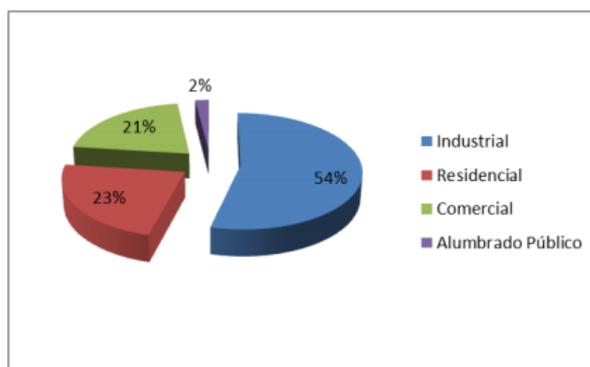


Figura N°1: Distribución de la demanda interna de Electricidad en el 2014

Fuente: Balance Energético Nacional 2014,25.06.17

Este gasto se fundamenta, en el caso del sector construcción, por desarrollar la arquitectura con falta de integración del hábitat construido al hábitat natural, lo cual permite edificaciones que sean grandes consumidoras de energía, donde el sector residencial y comercial tiene el 44% del consumo energético.

Los edificios se calientan gratis con la incidencia solar y se tiene que enfriar con el uso de sistemas artificiales para lograr estar en confort y poder desarrollar las actividades cotidianas. Así mismo, al recibir los rayos solares en las fachadas vidriadas también existe el deslumbramiento, motivo por el cual se cierran cortinas o persianas y se encienden las luminarias al interior.

Estas situaciones provocan problemas de consumo y eficiencia energética, los usuarios se ven obligados a utilizar el acondicionamiento artificial (encendido de luminarias y enfriamiento artificial) para poder desarrollar sus actividades.

A través de los principios de Geometría Solar se ha trabajado desde la antigüedad, para poder adaptar las construcciones en diferentes lugares del mundo, para conseguir un hábitat construido adecuado a las necesidades del lugar. Es menester aprovechar estos conceptos teóricos para el desarrollo de las soluciones arquitectónicas que permiten también obtener eficiencia y ahorro energético.

Es importante entonces estudiar la forma de trabajar y aplicar los conceptos teóricos de la Geometría Solar, para que logren desarrollar proyectos arquitectónicos que aprovechen y se adapten las condicionantes locales de forma apropiada; una de estas condicionantes es la incidencia solar en las edificaciones para aprovechar o controlar sus efectos en las edificaciones.

Estudiar los fundamentos teóricos, permite obtener bases sólidas para el desarrollo de soluciones arquitectónicas que con seguridad puedan resolver

adecuadamente las propuestas que se planteen y de la misma manera permite estudiar las edificaciones existentes para determinar la validez o coherencia de la propuesta para el lugar donde se realizó.

Como conclusión, un elemento fundamental para obtener un diseño adecuado al lugar de trabajo, es el estudio del movimiento aparente del sol, a través de la geometría solar. Entonces es necesario conocer previamente esta condición para planificar el proyecto o para estudiar el edificio ya existente y determinar el aprovechamiento o control que hace de la incidencia solar.

Importancia

El trabajo pretende analizar la situación de las construcciones y el sol, en el marco de las bases teóricas de la arquitectura bioclimática, tomando como principio de análisis la Geometría Solar para el desarrollo de la envolvente arquitectónica en relación a la incidencia solar.

El Dr. Gonzalo³, indica que si bien es cierto, que el diseño de las edificaciones es el resultado del trabajo de muchos factores relacionados entre sí para lograr la obtención del mejor resultado para los usuarios, es posible realizar el análisis de la influencia e incidencia del sol en el edificio de forma independiente, para poder determinar las premisas más adecuadas para obtener un edificio que sea eficiente.

En el contexto del cambio climático, se está procurando edificios que sean desarrollados bajos los principios de eficiencia energética y que sean amigables al ambiente. En ese sentido el sol es un potencial muy importante para lograr ese objetivo, permite la climatización pasiva de los edificios y también obtener un recurso energético limpio.

La crisis energética actual, ha hecho que se observe como un potencial grande el aprovechamiento solar para desarrollar formas de aporte energético que permita la diversificación y autosuficiencia energética en algunos casos. En el Perú se tiene un potencial muy importante por la gran radiación solar que llega a nuestras latitudes.

En el país, la radiación solar promedio es de 5 Kwh/m², esta intensidad es mayor que en los países desarrollados por estar el Perú en el trópico, fuera del trópico la radiación solar es 3 a 4 veces menor promedio, lo cual es un recurso importante que es factible de ser aprovechado de forma fotovoltaica (para generar electricidad), de

³ Profesor principal y Director del Instituto de Acondicionamiento Ambiental de la Universidad Nacional de Tucumán, Argentina

forma de calentamiento de agua (termas solares) y aplicarlo en las edificaciones para climatizarlas de forma pasiva aprovechando o contralando el sol.

Así mismo, la percepción del sol en el Perú resulta especial, aquí se observa el sol desde el cuadrante Norte, durante siete meses y desde el cuadrante Sur, durante cinco meses, mientras que en países fuera del trópico ven el sol solo al Norte (Hemisferio Sur fuera del trópico) y solo al Sur (Hemisferio Norte fuera del trópico); lo cual da una situación sui generis para los países que viven dentro de los trópicos, que debe ser analizada para el desarrollo de las soluciones arquitectónicas más apropiadas.

Esta situación del movimiento solar en el trópico, difiere totalmente de la que perciben los países desarrollados por encontrarse fuera del trópico al norte y sur, motivo por el cual las soluciones que plantean deben ser evaluadas y revisadas para el caso tropical, por ser diferente la geometría solar de cada lugar.

En la antigüedad solo en base a la orientación y observación del recorrido solar se desarrollaban las respuestas arquitectónicas adecuadas para cada lugar. Según Mariano Vásquez Espí⁴, la arquitectura ancestral maneja conceptos de uso de la arquitectura en función del sol, por ejemplo en la arquitectura griega indica “... *En el diseño solar griego se aprecian pues dos aspectos: el diseño del propio edificio (la proporción del pórtico) y su relación con el edificio contiguo.*

...En las casas orientadas al sur, el Sol penetra por el pórtico en invierno, mientras que en el verano el arco solar descrito se eleva sobre nuestras cabezas y por encima del tejado, de manera que hay sombra.”

El trabajo con el sol en la arquitectura, permite resolver aspectos importantes en el desarrollo de los diseños arquitectónicos, estos pueden ser estudiados para obtener mediante el aprovechamiento o control solar el bienestar térmico interior y la eficiencia energética de las edificaciones. Estos aspectos son:

- El calentamiento solar pasivo.
- El enfriamiento solar pasivo.
- El deslumbramiento.
- La iluminación natural.

⁴ Profesor y Director de Departamento de la Universidad Politécnica de Madrid, España

Antecedentes

En el Perú todas las culturas ancestrales han desarrollado una relación con el medio de forma coherente, la pachamama era amada y respetada para vivir en armonía con la naturaleza se respetaba al espacio natural que cobijaba a los espacios construidos. Siempre ha existido una relación esencial del hombre, sus casas y el sol.

Esta situación hizo que construyeran utilizando lo que tenían en su entorno para tener edificaciones que fueran cobijo a las condiciones externas para los usuarios de estos espacios arquitectónicos, es decir, las edificaciones fueron bioclimáticas, no había otra forma que las hicieran, no tenían como obtener bienestar al interior de otra manera, solo haciendo las edificaciones adecuadas para cada lugar que las edificaciones fueran el cobijo perfecto.

Desde la antigüedad se ha trabajado en función del manejo del sol como dejó escrito Marco Vitruvio Polión⁵ *“...Los edificios estarán dispuestos adecuadamente si se ha tenido en cuenta ante todo, las orientaciones y las inclinaciones del cielo, en el lugar donde se desea construirlos, porque no deben ser construidos de la misma manera en Egipto que en España, ni de la misma forma en el reino unido de Pont que en Roma, y así siempre con relación a los países, porque hay algunos que están próximos al curso del sol y otros alejados del mismo.”*

El trabajo desarrolla una investigación aplicada con los conceptos del movimiento aparente del sol en la arquitectura, para mostrar la importancia del mismo en el diseño arquitectónico.

Marco Teórico - Geometría Solar

*“El movimiento del sol es, o mejor dicho debería ser, una condicionante imprescindible en la creación de la arquitectura. La posición del sol en relación al objeto diseñado influye directamente en las condiciones ambientales al interior del mismo y en la actualidad de corregirlas en caso no termine siendo las adecuadas; se hace evidente una relación entre este aspecto, el costo económico y el impacto ecológico del edificio”.*⁶

⁵ Arquitecto romano siglo I A.C. Autor de los 10 Libros de la Arquitectura.

⁶ Extraído del libro Geometría Solar para arquitectos. Dr. Arq. Martín Wieser Rey

El movimiento aparente del sol, es la percepción que se tiene al observar al sol desde la tierra, parece que el sol se mueve (Ver Figura N° 2), pero en realidad, es la tierra la que está en movimiento (traslación y rotación sobre su eje), desde la tierra se percibe al sol en movimiento, pues estando en una misma ubicación se puede apreciar como conforme pasan las horas el sol se mueve y el observador se mantiene en la misma posición.

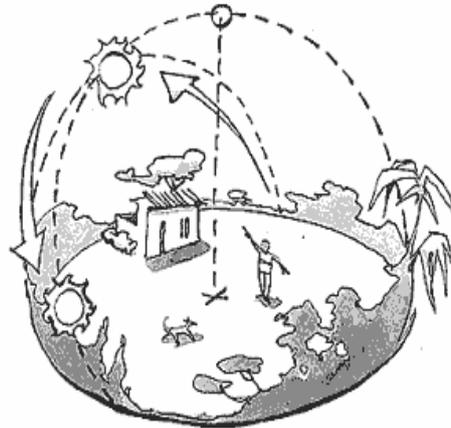


Figura N° 2: Movimiento Aparente del Sol.
Fuente: Dibujo de Gustavo Damiani

El conocimiento del movimiento solar es importante para poder realizar de forma adecuado el inicio del proceso de diseño en la arquitectura, con la elección de orientaciones, debido a que es el sol el que va a influir notablemente para las condiciones ambientales interiores de la edificación. Es evidente que tomar en cuenta la radiación solar y su movimiento aparente son los que permitirían lograr las condiciones adecuadas de bienestar, en la medida que se aproveche las ventajas y controle las desventajas que ofrece el sol con su incidencia e intensidad en una volumetría que vaya de acuerdo también a la variable climática.

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, la tendencia a la perpendicularidad de la llegada al plano de tierra de los rayos solares es una de ellas (lo cual implica intensa radiación solar, sobre todo en planos horizontales), la otra particularidad, además de seguir la trayectoria Este-Oeste; 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; lo cual es muy sugerente en el momento de la decisión del diseño de las formas de la arquitectura que procura establecer niveles

adecuados de bienestar, para aprovechar o controlar el sol, ya que existe posición solar en los cuatro puntos cardinales en diferentes épocas del año. (Ver Figura N° 3)

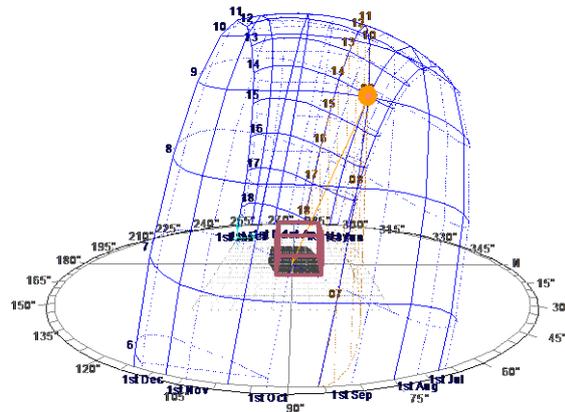


Figura N° 3: Bóveda Celeste de Lima. Latitud -12°
Fuente: Propia (Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011)

Con los datos de las coordenadas geográfica (latitud y longitud), se debe trabajar el análisis de la posición del sol anual, por medio de los ángulos de azimut solar (medidos en vistas superiores o plantas) y de altura solar (medidos en planos de corte o elevación) que son necesarios para desarrollar su aplicación en el diseño arquitectónico.

Estos datos sirven para realizar análisis de obstrucciones solares, realizar el diseño de vanos, estudiar sistemas de protección solar, hacer el análisis del recorrido solar anual, hacer el análisis de sombras exteriores; que permiten sustentar el análisis de la investigación de la incidencia del sol en las edificaciones; se realizó todos estos importantes estudios debido a que es el sol la fuente primaria de calor y luz para la tierra, así como también es la fuente para proveer de confort con el aprovechamiento o control de la energía solar incidente en la envolvente arquitectónica.

Bóveda Celeste

Para poder estudiar el sol y su posición, se trabajó con el supuesto de pensar que el sol se mueve alrededor de la tierra. Esta idea se basó en la percepción que se tiene al observar el cielo y sentir que el sol está moviéndose, para ello se desarrolla el concepto de Bóveda Celeste, una esfera imaginaria que tiene como centro a la Tierra, desde allí al observarse el cielo celeste se pudo apreciar entre otros el Movimiento Aparente del Sol (M.A.S.). (Ver Figura N° 4)

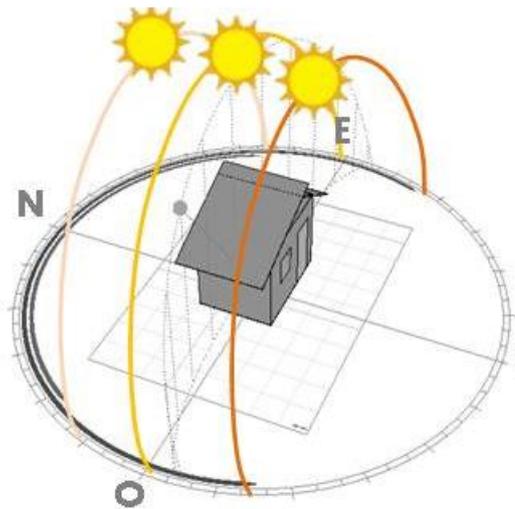


Figura N° 4: Bóveda celeste-Trópico del Sur
 Fuente: Propia (Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011)

El observador ubicado en el plano de tierra (superficie plana horizontal), mira el movimiento aparente del sol que describe recorridos paralelos, a lo largo de todo el año, en la esfera denominada Bóveda Celeste; donde cualquier rayo del sol (cualquier fecha y hora), ha estado dirigido hacia el centro de la esfera, que es la posición de la Tierra. Estas trayectorias constituyen lo que se conoce como el Movimiento Aparente del Sol, es lo que se percibe observando el sol desde la tierra. (Ver Figura N° 5)

La Bóveda Celeste permitió que se ubique el movimiento solar de forma precisa, una hora y mes exactamente, por medio de las Coordenadas Celestes, estas coordenadas son: (Ver Figura N° 6)

- Ángulo de Azimut solar (Ángulo que se mide en planta o vista superior).
- Ángulo de Altura solar (Ángulo que se mide en corte o elevación).

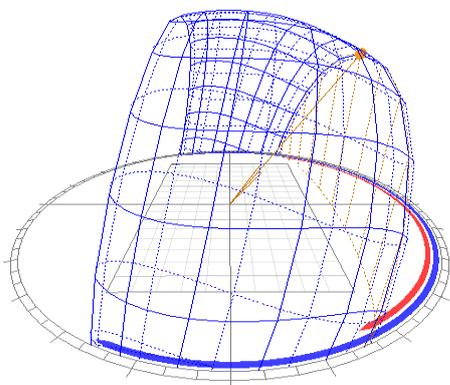


Figura N° 5: Bóveda celeste-Lima
 Fuente: Propia (Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011)

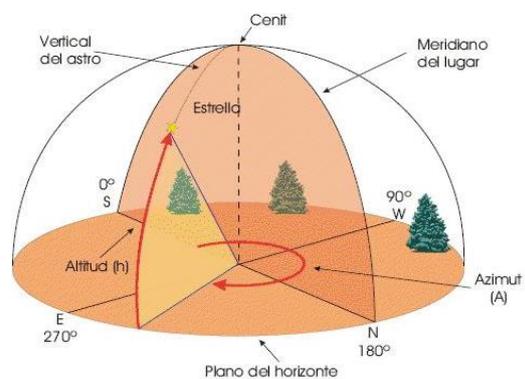


Figura N° 6: Bóveda celeste-Coordenadas celestes
 Fuente: rogerestanguet.blogspot.pe

La Bóveda Celeste se puede representar de forma bidimensional en los gráficos o cartas solares, estos constituyeron sistemas de representación que permitían describir gráficamente las posiciones y trayectorias aparentes del sol de la Bóveda Celeste sobre un plano y se aplican a las proyecciones utilizadas por el arquitecto en sus diseños, brindándole un alto grado de precisión.

Las gráficas más utilizadas a nivel mundial son la Proyección Polar Estereográfica, la Proyección Polar Equidistante, la Proyección Gnomónica y la Proyección Cilíndrica, Ortográfica o de Coordenadas. En la Figura N° 7 se puede apreciar las cuatro gráficas solares más utilizadas para el desarrollo de geometría solar.

Las gráficas solares tuvieron diferentes métodos para el desarrollo gráfico de las mismas, existen dos grandes grupos para clasificar las mismas.

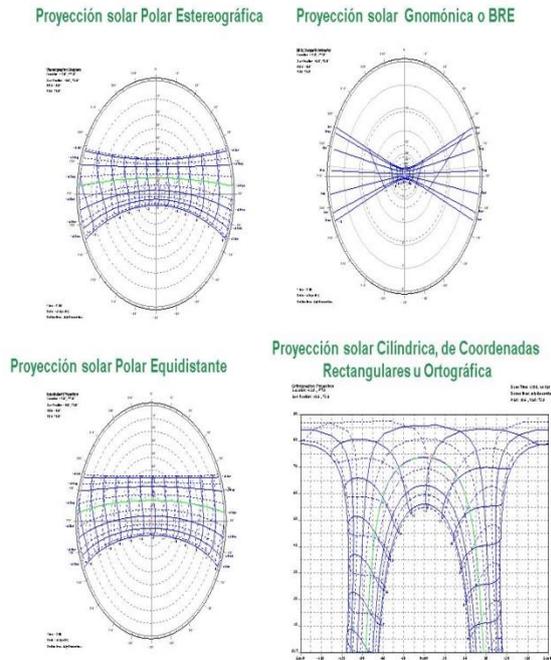


Figura N°7: Bóveda celeste-Trópico del Sur

Fuente: Propia (Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011)

Clasificación de gráficas solares: Existen dos tipologías de gráficos solares: Los geométricos y los no geométricos. (Ver Figura N° 8)

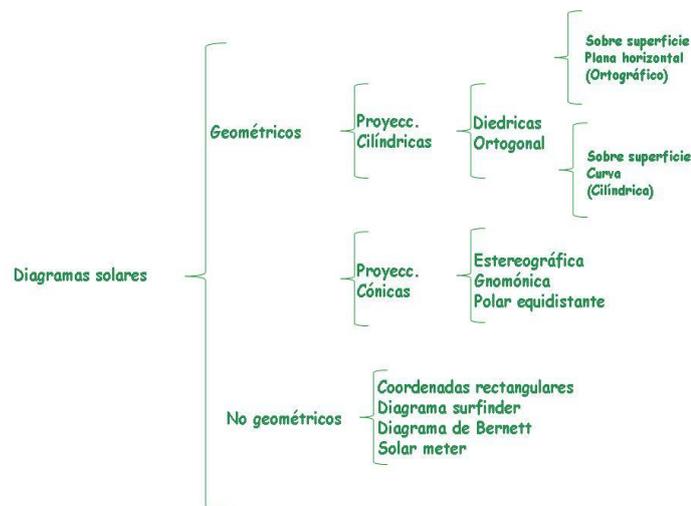


Figura N° 8: Gráficas solares

Fuente: Propia

Los geométricos son aquellos en que las trayectorias aparentes del sol se trazan mediante proyecciones bien determinadas de la esfera celeste (analógicas).

En los no geométricos la representación de las trayectorias solares obedeció a un criterio arbitrario fijado por el autor (convencionales).

Con los gráficos solares se puede obtener la información de las coordenadas celestes, los ángulos de azimut y altura solar, los mismos que son determinados a través del uso de los mismos, con lo cual se obtiene la información de la ubicación exacta del sol para poder utilizarlos en el diseño arquitectónico. En la Figura N° 9 se aprecia el cálculo del ángulo de altura y azimut solar para las 17.00 horas del mes de diciembre.

El ángulo de azimut se pudo obtener midiendo desde el norte hacia el sur, el ángulo que forma el norte con la línea que se ha trazado desde el centro de la gráfica hasta el perímetro de la circunferencia (Bóveda Celeste), este ángulo es el azimutal, en este caso es de -110° ; que sirve para ser apreciado en el análisis en planta arquitectónica de los proyectos.

El ángulo de altura se pudo obtener midiendo con los círculos concéntricos que tiene la gráfica, cada círculo representa 10° de altura solar, entonces se observó el círculo que está pasando por la hora de estudio y se obtuvo el ángulo de altura solar, en este caso es de 20° ; que sirve para ser apreciado en el análisis en cortes y elevaciones arquitectónicos de los proyectos.

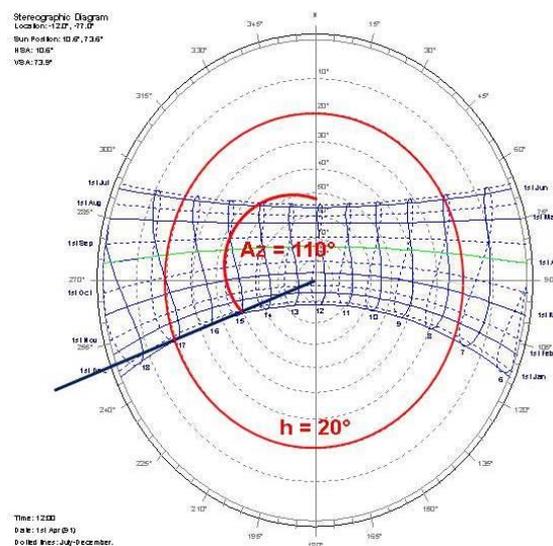


Figura N° 9: Gráficas solar-Ángulos de azimut y altura solar
Fuente: Propia (Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011)

Trayectoria solar

En el diagrama solar estereográfico (Ver Figura N° 10), se analiza la trayectoria solar del lugar (en este caso Lima), se define con claridad que existen meses que se encuentran en el cuadrante norte y otros en el cuadrante sur, siguiendo en ambos casos la trayectoria Este-Oeste. El solsticio de Junio está al extremo del recorrido solar al Norte, los Equinoccios de Marzo y Setiembre están igual al norte (Línea roja) pero cercanos a la línea este-oeste y el solsticio de Diciembre ubicado al extremo Sur.

En la vista de la proyección solar estereográfica se observa y se puede estudiar el movimiento aparente del sol de la ciudad de Lima, esta imagen fue desarrollada por el Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011.

En el recorrido anual del sol en Lima se define con sol desde el Norte (durante siete meses) y Sur (durante cinco meses), es importante analizar esta situación del movimiento aparente del sol para poder estudiar la incidencia solar en las edificaciones y observar si está bien aprovechada para climatizar la arquitectura en el clima templado-húmedo de Lima.

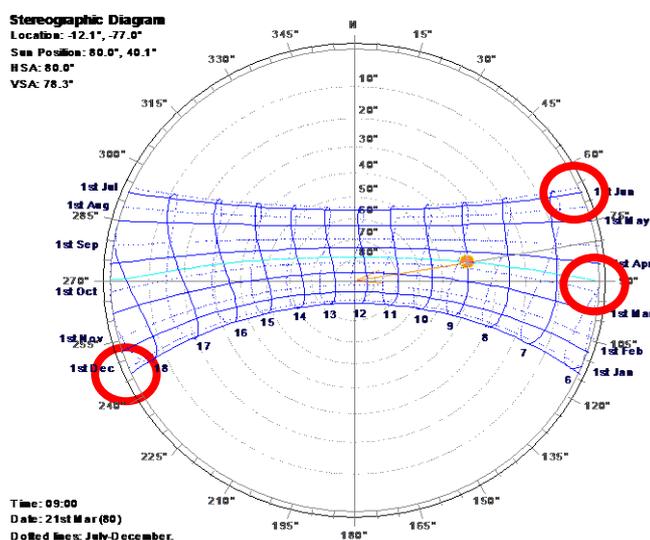


Figura N° 10: Proyección Solar Estereográfica.

Fuente: Propia (Programa Autodesk Ecotect Analysis 2011)

La Geometría Solar, forma parte de la arquitectura bioclimática, que es aquella que trabaja con las condiciones climáticas y solares del lugar en procura de obtener confort térmico al interior de las edificaciones y eficiencia energética.

La Dra. en Física María del Rosario Heras Celemín manifiesta:

“... la Arquitectura Bioclimática pretende sentar las bases para la realización de unos edificios racionalmente contruidos, de modo que, con un consumo mínimo de energía convencional, se mantengan constantemente las condiciones de confort requeridas. Para ello, deben considerarse unas estrategias de diseño que aprovechen de forma óptima las condiciones ambientales del entorno (energía solar disponible, temperatura exterior, dirección predominante del viento, etc.)”⁷.

Así mismo, según la definición del Dr. Serra⁸, “La palabra bioclimática intenta recoger el interés que tiene la respuesta del hombre, el bios, como usuario de la arquitectura, frente al ambiente exterior, el clima, afectando ambos al mismo tiempo la forma arquitectónica. Por tanto, se trata de optimizar la relación hombre-clima mediante la forma arquitectónica”.

Para desarrollar los principios de la arquitectura bioclimática se debe tomar en cuenta como factor primordial el análisis del movimiento aparente del sol. El sol es parte fundamental para el inicio del diseño bioclimático debido a su trascendencia sobre el bienestar de la edificación, pues el mismo incide en la volumetría calentado paredes, techos y ventanas.

Por ese motivo se desarrolla la geometría solar que permite en base a sus fundamentos teóricos, poder estudiar el movimiento aparente del sol y su incidencia sobre las volumetrías arquitectónicas que pueden provocar:

- Soleamiento de paredes, techos y vanos. (Calentamiento solar pasivo)
- Generación de sombras del entono o del mismo proyecto. (Enfriamiento solar pasivo)
- Aumento de temperatura al interior del edificio. (Bienestar interior)

Es evidente que el movimiento aparente del sol y la radiación solar son los que permitirán obtener las condiciones adecuadas de confort térmico, en la medida que se aproveche las ventajas y se controle las desventajas que ofrece el sol con una volumetría que vaya de acuerdo también a la variable climática.

⁷ Extraído del libro Comportamiento energético de edificios solares pasivos, Dra. María del Rosario Heras Celemín y Dr. José Marco Montoro

⁸ Profesor principal de la Universidad Politécnica de Cataluña, 1941 - 2012

OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivo Central

Desarrollar una investigación que permita analizar el movimiento aparente del sol y su importancia en un edificio de Lima.

Objetivos Específicos

1. Comprender el movimiento aparente del sol (M.A.S) en elementos arquitectónicos.
2. Aplicar conceptos de protección solar en edificio estudiado.
3. Analizar solución con situación actual del edificio.

MÉTODO

Tipo de investigación

El tipo de investigación fue aplicada, porque se empleó los conocimientos que de la metodología de geometría solar (movimiento aparente del sol), en la arquitectura del edificio analizado.

Método de investigación

La investigación fue experimental, porque se desarrolló el estudio bajo los principios de la geometría solar (movimiento solar) para comprobar las soluciones arquitectónicas utilizadas en el edificio analizado.

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. (Calentamiento solar pasivo)
- Deslumbramiento en ambientes.
- Aumento de temperatura al interior del edificio. (Bienestar interior)

Diseño de investigación

La investigación se centró en la selección de edificios para el estudio arquitectónico para la evaluación del movimiento aparente del sol.

Del estudio y comprensión de los aspectos teóricos de geometría solar se en la investigación se selección el peor caso (edificio más perjudicado).

Se comparó resultados del edificio en su estado actual versus una propuesta de protección solar en la fachada.

Instrumento de recolección de datos

Para realizar la investigación se trabajó con los siguientes pasos:

Trabajo de campo

Paso 1: Recopilación de información en edificios existentes (levantamiento fotográfico, planos, etc.).

Paso 2: Lectura y evaluación de la teoría de geometría solar.

Paso 3: Estudio y análisis de las características del lugar de trabajo.

Trabajo de gabinete

Paso 4: Diagnóstico de los problemas provocados por el sol en los edificios.

Paso 5: Selección y evaluación del edificio problema.

Paso 6: Evaluación de la solución propuesta al edificio.

Paso 8: Conclusiones.

Técnicas de procesamiento de datos

La investigación se inició con el estudio de los principios teóricos de geometría solar, para la evaluación del edificio y aplicación de los principios teóricos del movimiento geometría solar, para la solución de protección solar en el edificio. Luego se estudió de forma comparativa los resultados obtenidos con la incidencia solar en el edificio.

Se comparó la performance del edificio en su estado actual versus la solución planteada como sistema de protección solar en la fachada con incidencia solar.

RESULTADOS

Los resultados del estudio permitieron comprobar los beneficios de la aplicación de los conceptos de geometría solar (sistemas de protección solar, enfriamiento solar pasivo) en el edificio problema, Lima Central Tower.

El edificio está ubicado en la Av. El Derby N° 254, Santiago de Surco, con orientación de fachadas al sur y oeste, con 25 pisos y con fachadas con muro cortina de vidrio.



Figura N° 11: Plano de ubicación – Edificio Lima Central Tower.

Fuente: Propia



Figura N° 12: Edificio Lima Central Tower.

Fuente: Imagen extraída www.adondevivir.com

El edificio tiene incidencia solar todas las tardes en la fachada sur-oeste, se hizo el estudio del estado actual y se contrastó con la propuesta para mitigar los problemas que se derivaron de la incidencia solar:

- Calentamiento solar de fachadas.
- Encendido de luminarias artificiales (para evitar deslumbramiento se cierran cortinas).
- Enfriamiento con aire acondicionado.

Para ello se planteó una solución con una propuesta de sistema de protección solar con geometría solar, con los ángulos solares, que consistió en desarrollar un sistema de protección solar a la fachada soleada; siendo los resultados los siguientes.

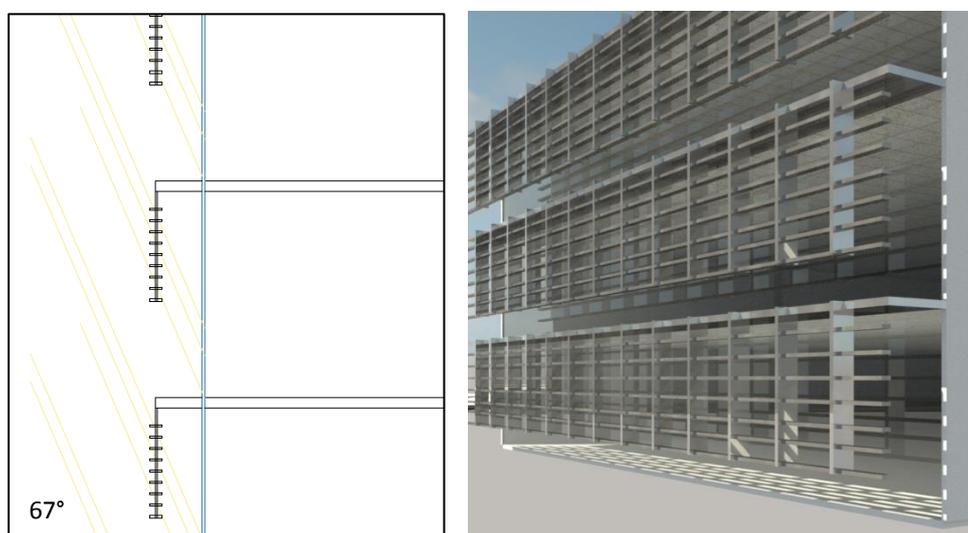


Figura N° 13: Propuesta protección Solar Edificio Lima Central Tower.

Fuente: Imagen extraída www.adondevivir.com

ANALISIS COSTO - BENEFICIO SISTEMA PROTECCION SOLAR PROPUESTO-LIMA CENTRAL TOWER														
ELEMENTOS	AMBIENTES	INCIDENCIA HORAS DE SOL EN VENTANA	USO DE CORTINAS	LUMINARIAS ENCENDIDAS	WATTS	TOTAL WATTS	HORAS DE USO	TOTAL WATTS	PISOS	TOTAL WATTS	DIAS DE TRABAJO	TOTAL WATTS	TOTAL Kw	PRECIO TOTAL SOLES
VENTANA ACTUAL	OFICINAS	6	TODAS LAS HORAS DE TARDE	200	20	4000	8	32000	23	736000	25	18400000	184000	717600
VENTANA PROPUESTO	OFICINAS	1	NO - USO SISTEMA DE PROTECCION SOLAR PROPUESTO	50	20	1000	2	2000	23	46000	25	1150000	1150	4485

Cuadro N° 1: Costo-Beneficio con Sistema de Protección Solar.

Fuente: Propia

Se puede apreciar que el sistema de protección solar propuesto con el ángulo solar de diseño, para evitar la incidencia solar directa en la fachada sur-oeste con el ángulo de 67°, que es el adecuado para la fachada sur-oeste. Provoca una disminución del uso de luminarias al interior, que se debía encender debido a que se requiere cerrar las cortinas para evitar el deslumbramiento y mitigar el calentamiento.

Hay una disminución importantísima de energía producto de la propuesta planteada, se ahorró el 98% de la energía en luminarias, como se puede apreciar en el Cuadro N° 1, así mismo, hay producto de la propuesta una disminución de emisiones de CO₂ al ambiente que equivale también al 98% menos de contaminación al ambiente.

FACHADA	CONSUMO ANUAL	UND. DE MEDIDA	FACTOR DE EMISIÓN (KG DE CO ₂ eq/kWh)	KG DE CO ₂
ACTUAL	184000	KW/H	0,546	100464
PROPUESTA	1150	KW/H	0,546	627,9

Cuadro N° 2: Disminución de emisiones de CO₂.

Fuente: Propia

Se puede determinar una mejora en la eficiencia y ahorro energético producto de la propuesta de geometría solar implementada; así como también, el edificio disminuye las emisiones de CO₂ al ambiente por la implementación de la propuesta.

DISCUSIÓN

La aplicación de los conceptos de Geometría Solar están basados en los principios de la Arquitectura Bioclimática que con sus bases teóricas de utilización de las condiciones climáticas del lugar (aprovechando las ventajas y controlando las desventajas del clima local), analizando los principios de la geometría solar (para aprovechar las ventajas y controlando las desventajas del sol en la arquitectura), permiten pudiera resolver los problemas detectados en el edificio de estudio.

El movimiento aparente del sol, es un elemento importante para el desarrollo de soluciones que permiten resolver problemas de diseño y bienestar de los usuarios, así como también, disminuir el gasto energético y las emisiones de gas efecto invernadero al ambiente.

Las ventajas que ofrece son:

- Eficiencia y ahorro energético.
- Disminución efectiva de gases efecto invernadero.
- La Arquitectura Bioclimática (geometría Solar) permite aplicar conceptos útiles para la mejora de la calidad de vida de los usuarios.

Sobre lo anteriormente expuesto se puede indicar que el desarrollo de trabajos de investigación con estudios aplicativos permite demostrar la validez de los recursos teóricos existentes.

CONCLUSIONES

Desarrollar la investigación ha permitido demostrar la importancia en el diseño arquitectónico de la variable solar en los proyectos. La incidencia solar analizada y bien utilizada permite obtener resultados positivos en las edificaciones:

- Control solar.
- Edificios con problemas que pueden ser recuperados por propuesta de protección solar con uso de Geometría Solar.
- Disminución de producción de emisión de Gases Efecto Invernadero.

Lo cual da la oportunidad de resolver problemas de bienestar interior, ineficiencia energética y contaminación ambiental. Queda demostrado que los principios de Geometría Solar dan la posibilidad de diseñar y solucionar problemas incluso en edificaciones existentes.

La investigación pretende ser un ejemplo en el campo de la aplicación de los conceptos de geometría solar en la arquitectura, como parte de una metodología de que ayude a la mejora de las propuestas de edificaciones en el campo de la arquitectura.

REFERENCIAS

- Canterall, J. (1990). Geometría, Energía Solar y arquitectura. México; Editorial Trillas.
- Gonzalo, G. (1998). Manual de Arquitectura Bioclimática. Tucumán: Imprenta Arte Color.
- Heras, M. (2009). Arquitectura Bioclimática.
- Lacomba, R. (compiladora) y otros. (1991). Manual de Arquitectura Solar. México: Editorial Trillas.
- Serra, R. (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Editorial Gustavo Gili..
- Serra, R y Coch, H. (1995). Arquitectura y Energía Natural. Barcelona: Ediciones UPC. Barcelona.
- Vásquez, M.(2009). Una brevísima historia de la Arquitectura Solar. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.
- Wieser, M. (2006). Geometría solar para arquitectos. Lima: Editorial Universidad Ricardo Palma.