

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

FACULTAD DE ARQUITECTURA, DISEÑO Y ARTES

TRABAJO DE TITULACIÓN

PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE MÁSTER

PROPUESTA DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA LA
REUTILIZACIÓN DE EDIFICIOS DEL CENTRO NORTE DE
QUITO. CASO DE ESTUDIO: MINISTERIO DE FINANZAS

VOLUMEN I

ARQ. GABRIELA DE LOURDES MONTENEGRO ORELLANA

DIRECTORA: ARQ. MSC. MARGARITA ROMO PICO

QUITO – ECUADOR

2017

Presentación

El Trabajo de Titulación: "PROPUESTA DE ESTRATEGIAS BIOCLIMÁTICAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE EDIFICIOS DEL CENTRO NORTE DE QUITO. CASO DE ESTUDIO: MINISTERIO DE FINANZAS".

Se entrega en un DVD que contiene:

El volumen I: Investigación, análisis del estado actual y propuesta que da sustento al proyecto y la presentación para la defensa pública, todo en formato PDF.

Agradecimiento

A Dios por haberme guiado en este camino.

A mis padres y mi hermana por su apoyo permanente durante todo mi proceso de estudio y tesis.

A mi amor por su ayuda incondicional, motivación y consejo oportuno.

A mi tutora y lectores de tesis por su ayuda, sus valiosos aportes y sus conocimientos brindados.

A mis compañeros de estudio.

INDICE

Lista de Figuras.....	III
Lista de Tablas.....	VII
Introducción	1
Antecedentes	1
Problemática	4
Hipótesis	4
Justificación / Pertinencia	4
Objetivos	5
Alcance	5
Metodología	6
CAPITULO 1. CONCEPTUALIZACION.....	8
1.1. Intervención Arquitectónica.....	8
1.1.1. Definición de Intervención Arquitectónica.....	8
1.1.2. Niveles de Intervención Arquitectónica.....	8
1.1.3. Reutilización Arquitectónica.....	8
1.2. Arquitectura bioclimática.....	11
1.2.1. Definición de Arquitectura Bioclimática.....	11
1.2.2. Aspectos que incorpora la Arquitectura Bioclimática.....	11
1.2.3. Confort	14
1.2.4. Estrategias Bioclimáticas	17
1.2.5. Flujo de calor y balance térmico en edificios	20
1.2.6. Síndrome del edificio enfermo	23
1.3. Conclusiones capítulo conceptualización	23

CAPITULO 2. ESTADO ACTUAL – EDIFICIO MINISTERIO DE FINANZAS.....	24
2.1. Ubicación y entorno	24
2.2. Función	25
2.3. Clima	26
2.4. Diagrama Psicométrico	26
2.5. Materiales Constructivos.....	28
2.6. Diagrama Solar	29
2.7. Asoleamiento	30
2.8. Temperatura Interior	33
2.9. Cálculo de Ganancias y Pérdidas de la oficina tipo	37
2.9.1. Ganancias Internas.....	39
2.9.2. Ganancias o pérdidas por conducción.....	40
2.9.3. Ganancias solares	41
2.9.4. Pérdidas por infiltraciones de aire.....	42
2.10. Resultados capítulo estado actual	42
2.11. Conclusiones estado actual	44
CAPITULO 3. PROPUESTA – EDIFICIO MINISTERIO DE FINANZAS.....	45
3.1. Propuesta de estrategias	45
3.2. Aplicación de estrategias planteadas.....	45
3.2.1. Colocación de elementos de sombra en fachada este	45
3.2.2. Cálculo de Ganancias y Pérdidas con los elementos de sombra	53
3.2.3. Relación entre ganancias de calor con la temperatura interior.....	59
3.3. Resultados	60
Conclusiones	61
Bibliografía	65
Anexos	68

Lista de Figuras

Figura 1: Gráfica solar del ecuador. Fuente: Autor.....	11
Figura 2: Carta Bioclimática de Olgyay. Fuente: https://pedrojherandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/	17
Figura 3: Efecto chimenea. Fuente: Climate Consultant 6.0.....	18
Figura 4: Principios activos de control de iluminación natural. Fuente: Brandi Licht, 2006.....	19
Figura 5: Dispositivos fijos y móviles para proporcionar sombra. Fuente: Brandi Licht, 2006.....	20
Figura 6: Componentes del balance térmico del edificio. Fuente: D´alencon, 2008.....	21
Figura 7: Fachada frontal del Ministerio de Finanzas Fuente: D´alencon, 2008.....	24
Figura 8: Ubicación del edificio de estudio. Fuente: Autor.....	24
Figura 9: Incidencia solar en el edificio de estudio. Fuente: Autor.....	25
Figura 10: Planta Baja, Ministerio de Finanzas. Fuente: Autor.....	25
Figura 11: Planta Tipo, Ministerio de Finanzas. Fuente: Autor.....	26
Figura 12: Diagrama Psicométrico de Givoni. Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica M0024.....	27
Figura 13: Diagrama solar en el edificio de estudio. Fuente: Autor.....	29

Figura 14: Implantación y perspectiva del edificio de estudio con la sombra proyectada en el solsticio de invierno y verano.	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	29
Figura 15: Asoleamiento e irradiación anual del Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	30
Figura 16: Asoleamiento en horas sobre fachada este, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	31
Figura 17: Asoleamiento en oficina tipo de 8:00 a 12:00 p.m Facha este, edificio de estudio.	
Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	32
Figura 18: Asoleamiento en oficina tipo, Facha este, edificio de estudio	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	33
Figura 19: Ubicación de hobos, en oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	34
Figura 20: Temperatura exterior e interior de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, mediciones hobos e INAMHI.....	34
Figura 21: Humedad exterior e interior de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, mediciones hobos e INAMHI.....	35
Figura 22: Temperaturas máximas diarias de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, mediciones hobos e INAMHI.....	36
Figura 23: Temperaturas mínimas diarias de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, mediciones hobos e INAMHI.....	36
Figura 24: Temperaturas promedio diarias de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, mediciones hobos e INAMHI.....	37
Figura 25: Equipos y luminarias en la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	38
Figura 26: Equipos y luminarias en la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.	
Fuente: Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	39
Figura 27: Total ganancias y pérdidas – Estado actual	
Fuente: Fuente: Autor.....	42

Figura 28: Corte A – A´ del edificio del Ministerio de Finanzas, detalle problemas de confort interior y características del espacio.	
Fuente: Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	43
Figura 29: Tabla de problemas y estrategias planteadas para el edificio de estudio.	
Fuente: Autor.....	45
Figura 30: Energía consumida, resistencia de diseño, vida útil y costo de materiales	
Fuente: Autor, INER.....	46
Figura 31: Diseño y detalle de lamas verticales	
Fuente: Autor.....	47
Figura 32: Asoleamiento en la fachada frontal del Edificio del Ministerio de Finanzas en el equinoccio, propuesta de lamas verticales	
Fuente: Autor.....	47
Figura 33: Asoleamiento en la fachada frontal del Edificio del Ministerio de Finanzas en el solsticio de invierno, propuesta de lamas verticales	
Fuente: Autor.....	48
Figura 34: Asoleamiento e irradiación anual en la oficina tipo del edificio de estudio, propuesta de lamas verticales.	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	49
Figura 35: Valores de asoleamiento anual en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas, propuesta de lamas verticales	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	49
Figura 36: Asoleamiento e irradiación en el solsticio de invierno en la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas, propuesta de lamas verticales	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	50
Figura 37: Valores de asoleamiento en el solsticio de invierno en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas, propuesta de lamas verticales	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	50
Figura 38: Asoleamiento e irradiación en el equinoccio en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas, propuesta de lamas verticales	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	51

Figura 39: Vista frontal de ventana en la fachada este, con implementación de lamas horizontales	
Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	51
Figura 40: Asoleamiento anual en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas, propuesta de lamas horizontales.	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	52
Figura 41: Asoleamiento en solsticio de invierno en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas, propuesta de lamas horizontales.	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	52
Figura 42: Asoleamiento en equinoccio en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas, propuesta de lamas horizontales.	
Fuente: Autor, Heliodon 2.....	53
Figura 43: Despiece de la propuesta de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas	
Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	54
Figura 44: Asoleamiento e irradiación en el equinoccio de la oficina tipo del edificio del Ministerio de Finanzas, con la propuesta de lamas verticales y horizontales	
Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	62
Figura 45: Asoleamiento e irradiación en el solsticio de invierno de la oficina tipo del edificio del Ministerio de Finanzas, con la propuesta de lamas verticales y horizontales	
Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	62
Figura 46: Asoleamiento e irradiación anual de la oficina tipo del edificio del Ministerio de Finanzas, con la propuesta de lamas verticales y horizontales	
Fuente: Autor, AutoCAD 2017.....	63

Lista de Tablas

Tabla 1: Tabla de niveles metabólicos. Fuente: Kvisgaard & Monroy, 2000.....	15
Tabla 2: Sensación térmica en función de la humedad relativa del aire. Fuente: Landsber, 1972.....	16
Tabla 3: Tabla de datos de temperatura y humedad, año 2014. Fuente: INAMHI, Estación Meteorológica M0024.....	27
Tabla 4: Tabla de materiales constructivos. Fuente: Autor.....	28
Tabla 5: Nivel metabólico y potencia de equipos de la oficina tipo. Fuente: Autor, Kvisgaard & Martín Monroy, 2000.....	39
Tabla 6: Tabla de transmitancia térmica de elementos constructivos de la oficina tipo. Fuente: Autor, Varas Madrid, 2009.....	40
Tabla 7: Tabla de transmitancia térmica de elementos constructivos con los elementos propuestos - oficina tipo. Fuente: Varas Madrid, 2009.....	56
Tabla 8: Resultado de sumatoria de ganancias y pérdidas con elementos de sombra. Fuente: Autor,	58

TEMA

Propuesta de estrategias bioclimáticas para la reutilización de edificios del centro norte de Quito. Caso de estudio: Ministerio de Finanzas.

RESUMEN

El proyecto pretende realizar un análisis de las estrategias bioclimáticas idóneas, para la reutilización de edificios del centro norte de Quito; debido a que continuamente se realizan reúsos de edificios sin un análisis previo a su nueva ocupación, provocando que problemas que preceden se mantengan y causen problemas de salud debido al estrés térmico, deslumbramiento, carencia de ventilación y al asoleamiento directo en las superficies de trabajo.

El caso de estudio es el edificio del Ministerio de Finanzas, debido a que será reutilizado por otra entidad estatal en corto plazo, existen problemas de confort térmico interior en la actualidad y es una edificación significativa por su historia y al ser construida en la época moderna.

El objetivo es conocer los tipos de estrategias bioclimáticas idóneas a implementarse en esta tipología de edificios, mediante un diagnóstico de su estado actual, para que puedan ser replicadas, se genere un ambiente de confort interior y mejore la calidad de vida de sus nuevos usuarios.

La metodología empleada se resume en 4 parámetros siendo: 1) Investigación de entorno, clima y función del caso de estudio; 2) Valoración y evaluación bioclimática del edificio; 3) Identificación de problemas de confort interior y planteamiento de estrategias y 4) Propuesta de estrategias bioclimáticas.

Se espera obtener un esquema de estrategias bioclimáticas, que solucionen problemas térmicos y de asoleamiento del edificio de estudio previo a su nueva utilización; para lograr confort en el interior y que mejore la calidad de vida de sus usuarios.

PALABRAS CLAVE

Estrategias bioclimáticas, arquitectura pasiva, reutilización de edificios

TOPIC

**Proposal of bioclimatic strategies for the reuse of buildings in the center-north of Quito.
Case study: Ministry of Finance.**

ABSTRACT

The project intends to analyze suitable bioclimatic strategies for the reuse of buildings in the center-north of Quito, due to the continuous reuse of buildings without any analysis prior of their new occupation, causing preceding problems to maintain, causing health problems due to thermal stress, glare, lack of ventilation and direct sunlight on work surfaces.

The case study is the building of the Ministry of Finance because it will be reused by another state entity in the short term, to this day it presents problems of internal thermal comfort, and it is a significant building for its history and for being a construction of modern time.

The objective is to know the types of bioclimatic strategies suitable to be implemented in this type of buildings through a diagnosis of its current status, therefore, these strategies can be replicated generating an inner environment comfort and improving the quality of life of their new users.

The methodology used is summarized in 4 parameters: 1) Environmental research, climate and functionality of the case study; 2) Bioclimatic valuation and assessment of the building; 3) Inner comfort problems identification and strategy planning 4) Proposal of bioclimatic strategies.

It is expected to obtain a scheme of bioclimatic strategies, which solve thermal and solar problems of the case of study prior to its new use; to achieve inner comfort and improve the quality of life of its users.

KEYWORDS

Bioclimatic strategies, passive architecture, building reuse

Introducción

La reutilización de edificios existentes, permite la conservación de edificios de valor histórico y que edificaciones contemporáneas prolonguen su vida útil. Además, se reduce el impacto ambiental en todo su ciclo de vida, a partir de la construcción, operación, mantenimiento, abandono y demolición.

Muchas veces en la fase de operación de las edificaciones, sus usuarios responden negativamente a su entorno, provocando en varias ocasiones un conjunto de síntomas que afectan a la salud y al rendimiento en las actividades de los usuarios, este efecto se denomina edificio enfermo.

En la conferencia de edificios enfermos dictada en la ciudad de Quito, por José Rodríguez Barbosa, se mencionó que, del total de edificios, el 30% tienen el efecto del edificio enfermo y de este porcentaje entre el 10 y 30% de usuarios presentan efectos en su salud. (Rodríguez Barbosa, 2009)

Una de las causas del edificio enfermo es la carencia de ventilación interior, asoleamiento directo sobre las superficies de trabajo, temperatura y humedad inadecuada al interior y presencia de compuestos volátiles en el aire. Estas causas pueden mitigarse por medio de la aplicación de estrategias bioclimáticas en edificaciones.

Las estrategias bioclimáticas, se definen como un conjunto de soluciones que logran confort al interior de una edificación y debe ser diseñado o adaptado para que pueda modificar las condiciones climáticas externas en verano e invierno, conservando un ambiente ideal para uso. Al manejar de manera eficiente estas estrategias, se puede evitar el uso de equipos eléctricos para conseguir un ambiente de confort, dando como resultado un ahorro económico y energético.

La reutilización de edificios aplicando estrategias bioclimáticas, debe entenderse en forma global, puesto a que se debe realizar un trabajo integral en la edificación, desde sus fachadas, por medio de la aplicación de elementos de sombra, hasta la implementación de nuevos componentes que logren una adecuada ventilación e iluminación interior.

Antecedentes

Debido a las normativas de sostenibilidad actuales de cada ciudad y la conciencia por la optimización de recursos y energía para generar espacios de confort, existen innumerables

proyectos de reutilización aplicando estrategias bioclimáticas y sostenibles en edificios. Por lo que, se examinará proyectos de importancia y que sirvan de referentes para el proyecto.

Las ciudades europeas fueron las pioneras en crear y poner en marcha normativas y programas de rehabilitación sostenible, una de ellas, es la ciudad de Madrid, que a finales del 2008 propuso su última normativa Mejora de la Sostenibilidad y Eficiencia Energética, mismo que incentiva el ahorro energético de edificios y viviendas. (Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid, Octubre 2014).

En España en la ciudad de Durango, en el año 2012, se realizó una reutilización de un edificio de departamentos del Gobierno Vasco, mismo que pretendía ahorrar energía y mejorar las condiciones de confort interior. Dentro del ahorro energético consta la aplicación de estrategias de iluminación natural, ventilación, colocación de elementos de sombra en las fachadas y construcción de muros trombe.

Como resultado de las acciones establecidas en la edificación, del total de energía consumida el 40% se aporta por medio de la geotermia; tanto en invierno como verano se logró confort interior, reduciendo el uso de aparatos eléctricos. Además, se tiene un monitoreo constante del edificio para que el estándar sostenible alcanzado, pueda conservarse.

Un proyecto ejecutado bajo la premisa de una reutilización sostenible, es la torre Bois-le-Petre desarrollado por el estudio de Lacaton & Vassal en alianza con Frédéric Druot, a las afueras de París. Este edificio de viviendas construido en 1961 y rehabilitado en el 2011, reconocía el valor original del edificio para brindar una mejor calidad de vida de sus residentes y de su entorno.

Por medio de la creación de una doble fachada transparente, protege al edificio de factores acústicos, térmicos y de asoleamiento, permite expandir el espacio interior e integrar un jardín de invierno, que logró mejorar el confort interior, obtener luz natural y reducir el consumo de energía.

En México se utiliza comúnmente como normativa sostenible para la construcción nueva y reutilización de edificaciones, la certificación LEED, por dar un reconocimiento a nivel internacional; pero resulta tener una desventaja por basarse en estándares norteamericanos que no reflejan la realidad de México. Por lo que, en el año 2008, el Gobierno promovió el Programa de Certificación de Edificaciones Sustentables (PCES). Además, la Secretaria General de Medio Ambiente del Distrito Federal, ha lanzado incentivos económicos, que disminuyen el costo del impuesto predial, para los proyectos sostenibles. (Vallejo Aguirre, agosto 2014)

En Argentina se aplican las normas sostenibles y de eficiencia energética del Instituto Argentino de Normalización y Certificación (IRAM), cuyo objetivo es disminuir el consumo de energía e incentivar el impulso de fuentes renovables, además, mencionan el confort interior y calefacción de edificios.

En la ciudad de Buenos Aires, en los bosques de Palermo, el edificio Panedile es un ejemplo de reutilización aplicando estrategias pasivas, fue construido en el año 1966, integrado por una torre de 25 pisos. La intervención se enfocó en la optimización de energía, aprovechamiento y control de luz natural, generando grandes ventanales que garanticen una iluminación natural, voladizos que controlen el asoleamiento, y persianas como elementos de sombra en las fachadas.

¿Qué parámetros o estrategias bioclimáticas, se deben proponer para la reutilización de edificios en el Ecuador? En el país aún no existen normativas bajo esta premisa, ya que los conceptos son relativamente recientes; pero en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Vivienda y Desarrollo Urbano Sostenible, Hábitat III, desarrollado en la ciudad de Quito, se propuso la aplicación de parámetros de sostenibilidad en edificios, los cuales se espera que figuren, en las posteriores ordenanzas municipales. (Habitat III Quito , 2016).

Además, el Ministerio del Ambiente, certifica que en la nueva Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC), tiene previsto actualizarse y contemplar parámetros sostenibles. También conjuntamente con la Cámara de la Industria de la Construcción (Camicon), señalan que existirá capítulos sobre climatización, energía renovable y eficiencia energética. También, en la ciudad de Quito, a partir de mayo del 2016, se han implementado incentivos para los proyectos de gran magnitud que incorporen estrategias sostenibles en sus proyectos.

En el país existen edificaciones reutilizadas que han tomado certificaciones extranjeras para lograr un edificio sostenible. En el año 2012, en la ciudad de Quito se inició la reutilización de una fábrica abandonada ubicada en el sector de la Granda Centeno, consistía en reutilizar la estructura y aplicar estrategias sostenibles, para lograr un edificio de oficinas eficiente y con confort interior.

Esta obra obtuvo la certificación LEED silver, donde se priorizó la eficiencia de agua, energía, materiales y calidad de ambiente interior. En este último se implementó un manejo de los espacios de trabajo, para brindar condiciones óptimas de ventilación, iluminación y confort. (Technovasol, 2016)

Para continuar fomentando la reutilización de edificios y para incentivar la creación de una normativa propia al país y a la ciudad de Quito, se propone analizar e identificar las estrategias

bioclimáticas idóneas para la reutilización de edificios, tomando como caso de estudio al edificio del Ministerio de Finanzas.

Problemática

En la zona centro norte de la ciudad de Quito, constantemente se reutiliza edificaciones sin ejecutar un estudio de confort térmico previo a su nuevo uso, manteniéndose problemas de confort interior para sus nuevos usuarios, como son: estrés térmico, deslumbramiento, falta de ventilación y asoleamiento directo en las superficies de trabajo, mismo que generan problemas de salud y bajo rendimiento en el trabajo.

Adicional para lograr temperaturas de confort al interior de las edificaciones, se incrementa el uso de sistemas eléctricos de climatización, lo que aumenta el uso de energía eléctrica y por consiguiente el costo de mantenimiento de los edificios.

Hipótesis

Previo a la nueva ocupación de edificios reutilizados, sus proyectistas no ejecutan un estudio de confort térmico interior, persistiendo problemas térmicos anteriores y causando incomodidad y estrés térmico para sus nuevos usuarios. Se pretende realizar un estudio del estado actual de una edificación e implementar estrategias bioclimáticas idóneas, para lograr confort térmico al interior y mejorar la calidad de vida de sus usuarios.

Justificación / Pertinencia

Por medio de la reutilización de edificios se reconoce el valor e historia de las edificaciones implantadas en la ciudad, para tomarlas como punto de partida y asignarlas un nuevo uso. Además, se reduce el impacto ambiental, al utilizar elementos construidos previamente, y considerando que, para su reuso, puede aplicarse sistemas constructivos, materiales amigables con el medio ambiente y aplicarse estrategias bioclimáticas.

Al aplicar estrategias bioclimáticas en edificios en reuso, éstos se adaptan al clima exterior por medio de una adecuada transferencia de calor desde y hacia la edificación. Mejora las condiciones de confort interior para sus nuevos usuarios, dando como resultado una reducción del uso de sistemas mecánicos de climatización, obteniendo además un ahorro económico.

Se ha escogido como caso de estudio al edificio del Ministerio de Finanzas en la ciudad de Quito, debido a que en corto plazo será reutilizado por otra entidad administrativa estatal; es un hito de la ciudad por ser construido en los años 70 y se encuentra implantado en una avenida de importancia de la ciudad.

Objetivos

Objetivo general

Identificar las estrategias bioclimáticas idóneas, para la reutilización de edificios en la zona centro norte de Quito, tomando como caso de estudio el edificio del Ministerio de Finanzas; para que dichas estrategias puedan ser replicadas, exista confort térmico al interior y mejore la calidad de vida de sus usuarios.

Objetivos específicos

- Diagnosticar el estado actual del edificio de estudio, mediante análisis de confort térmico interior y asoleamiento.
- Identificar las estrategias bioclimáticas adecuadas que logren confort en su interior para sus usuarios, por medio de los resultados del estado actual y los problemas térmicos encontrados.
- Demostrar la eficiencia de las estrategias bioclimáticas implementadas en el edificio de estudio, mediante cálculos y programas de simulación del asoleamiento.

Alcance

- Conformación del diagrama psicométrico del edificio de estudio según la estación meteorológica correspondiente, identificando su clima predominante.
- Representación gráfica del asoleamiento e irradiación del edificio de estudio y oficina tipo e identificación del deslumbramiento sobre las superficies de trabajo.
- Constitución de una base de datos de la temperatura interior y exterior de la edificación y la oficina tipo, donde se compare temperaturas máximas y mínimas, en relación a la temperatura de confort.
- Cálculo de ganancias y pérdidas de calor en la oficina tipo, que permitirá determinar la causa de inconfort al interior.
- Listado de estrategias bioclimáticas que requiere el edificio de estudio para lograr confort en el interior de los espacios solucionando problemas térmicos y de asoleamiento.
- Comprobación de estrategias aplicadas al edificio de estudio, por medio del cálculo de ganancias y pérdidas de calor.

- Demostración de estrategias bioclimáticas aplicadas en la envolvente de la edificación, mediante el uso del programa de simulación Heliodon 2.0.

Metodología

- a) Investigación de entorno, clima y función del caso de estudio.
- b) Valoración y evaluación bioclimática del edificio
- c) Identificación de problemas de confort interior y planteamiento de estrategias
- d) Aplicación y comprobación de estrategias aplicadas al edificio de estudio

- a) Investigación de entorno, clima y función del caso de estudio.

Ubicación y entorno

Mediante un mapa de la implantación del edificio de estudio, se identificará su ubicación geográfica (latitud, longitud, altitud), y las fachadas que tengan incidencia solar.

Además, utilizando el diagrama solar correspondiente al Ecuador, se realizará una proyección del sol en solsticios y equinoccios. En el entorno cercano se identificará la vegetación que pueda afectar las condiciones de la envolvente.

Función

Identificar el uso actual de la edificación, las circulaciones verticales y horizontales, ductos y la estructura.

Clima

En base a la tipología de clima de Pourrut, se identificará el clima que corresponde al caso de estudio. Además, se determinará la estación meteorológica que le corresponde, con el fin de conocer los parámetros que determinan el confort.

Utilizando los datos de temperatura y humedad relativa máximas y mínimas anuales de la estación meteorológica correspondiente, se graficará el diagrama psicométrico para conocer las condiciones micro climáticas del sector.

- b) Valoración y evaluación bioclimática del edificio

Materiales constructivos.

Identificar en las plantas arquitectónicas la existencia de mamposterías y su tipo, tumbado, losas, cubierta, piso y ventanerías, incluyendo sus dimensiones y detallando el espacio donde se encuentran.

Identificación del asoleamiento

Mediante una modelación del caso de estudio en el programa Heliodon, se obtendrá la incidencia solar de cada espacio, irradiación y deslumbramiento sobre las superficies de trabajo; además de la energía que recibe el espacio por metro cuadrado.

Temperatura interior

Utilizando un registrador de datos de temperatura y humedad (HOBO), se tomará los datos de la oficina tipo y se comparará con los datos de la estación meteorológica que corresponde, para identificar la diferencia de temperatura.

Y por medio del rango de temperatura y humedad de confort para espacios de trabajo establecida en la normativa, se identificará la existencia o carencia de confort al interior.

Calculo de ganancias y pérdidas de calor

Se analizará las ganancias internas, solares y ganancias o pérdidas por conducción de la oficina tipo, para conocer las causas de la temperatura interior de la edificación y posteriormente proponer las estrategias más idóneas.

c) Identificación de problemas de confort interior y planteamiento de estrategias

En base a los resultados obtenidos de la evaluación bioclimática del edificio de estudio, se identificará los problemas que presenta la edificación actualmente y se hará un planteamiento de las estrategias bioclimáticas que deben aplicarse para mejorar el confort interior.

d) Aplicación y comprobación de estrategias aplicadas al edificio de estudio

Aplicar las estrategias planteadas en la edificación tanto en el envolvente como en el interior y utilizando programas de simulación como es el Heliodon 2.0 y realizando el cálculo de ganancias y pérdidas de calor con nuevos materiales sugeridos, demostrar si las estrategias planteadas fueron óptimas.

A través del cálculo del balance térmico se obtendrá la temperatura interior con la propuesta de las estrategias bioclimáticas y se comparará con la temperatura tomada con los medidores de temperatura y humedad; con el fin de conocer si la temperatura llega a la temperatura de confort.

CAPITULO 1. CONCEPTUALIZACION

1.1. Intervención Arquitectónica

1.1.1. Definición de Intervención Arquitectónica

El arquitecto teórico Ignasi de Solà-Morales define como “*cualquier tipo de actuación que se puede hacer en un edificio o en una arquitectura*”. (de Solà-Morales, 1982). Intervenir es intentar que una edificación vuelva a decir algo, pero en una dirección determinada, y según la manera en que la intervención se produzca los resultados serán diversos.

Habitualmente los niveles de intervención son utilizados como sinónimos, pero cada uno aborda una aplicación y límites específicos ligados a cada proyecto.

1.1.2. Niveles de Intervención Arquitectónica

Dentro de la definición de la Intervención arquitectónica, se puede identificar diversos niveles de actuación que se pueden desarrollar en una edificación; los cuales obedecen a un objetivo, alcance y grado de profundidad del tratamiento a ejecutarse, a saber:

- a) Restauración
- b) Conservación
- c) *Consolidación*
- d) *Rehabilitación*
- e) *Reconstrucción*
- f) *Reutilización*

1.1.3. Reutilización Arquitectónica

1.1.3.1. Definición

También se lo conoce como reciclaje o reuso adaptativo, porque implica un cambio funcional en su arquitectura. En el foro académico de la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente de Guadalajara, México señalan que, en la reutilización arquitectónica, no solamente se tomará en cuenta al patrimonio histórico para realizar una reutilización arquitectónica, sino debe tomarse acción en edificios o estructuras de valor social o ecológico.

1.1.3.2. Pertinencia para la Reutilización Arquitectónica

Por medio de la reutilización se reconoce el valor e historia de las edificaciones implantadas en la ciudad, para tomarlas como punto de partida y asignarlas un nuevo uso. De allí se considera primordial conservar las estructuras en la medida de lo posible, ya que solo así se podrá mantener la identidad de sus habitantes.

A través de la reutilización de edificaciones se reduce el impacto ambiental, al utilizar elementos construidos previamente, además considerando que, para su reúso, pueden aplicarse sistemas constructivos y materiales amigables con el medio ambiente. (Del Rio, febrero 2017)

La reutilización es una alternativa al derrocamiento de estructuras, mismo que se ha vuelto muy común en las ciudades últimamente. Al no demoler una edificación, no se produce residuos provenientes de ésta, sus materiales constructivos se mantienen y la energía incorporada tanto en la construcción como en la producción de los materiales no incrementa. (Fundación CIRCE - Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza, Enero 2014).

También es conveniente intervenir en lo construido, si se toma en cuenta el aspecto económico, debido al alto costo de terrenos urbanizados, un precio elevado al construir una nueva edificación con todo su equipamiento, además del costo por derrocar una edificación en un sector consolidado.

Una adecuada reutilización genera una influencia positiva en el sector. A partir del cambio de uso de las edificaciones, pensado en los requerimientos del mismo, trae consigo efectos positivos para sus habitantes ya que sus necesidades se encuentran satisfechas en él. (Sahady Villanueva & Gallardo Gastelo, 2002)

1.1.3.3. Causas para la Reutilización Arquitectónica

Entre las causas exógenas a la arquitectura están: *“la correlación con las crisis económicas, la transformación hacia los procesos de globalización, la paulatina desaceleración en construcción de espacios en particular del distanciamiento de la relación arquitectura-Estado; y reiterando, el crecimiento desmesurado de la ciudad.”* (Minaya Hernández, 2015).

En ciudades europeas, como en España, se dio una recesión económica en el año 2008 y culminó en el 2014; disminuyó en este período, considerablemente la construcción de edificaciones nuevas, fomentando la reutilización de edificios.

En ciudades latinoamericanas la reutilización de edificaciones inició a finales del siglo pasado y con otra connotación que las ciudades europeas. Las intervenciones se han originado gracias a investigaciones que apoyan a la protección y conservación de edificaciones históricas o con características de valor. (Minaya Hernández, 2015).

En el Ecuador al igual que en muchos países de Latinoamérica, la reutilización de edificaciones surgió por la necesidad de conservar a través del tiempo, edificios de valor histórico y cultural. Bajo esta connotación, Instituciones municipales encargadas en el patrimonio edificado de las ciudades con mayor crecimiento y población del país, promueven la reutilización de edificios.

En la capital, Quito, existen varios ejemplos de reutilización de edificaciones de valor histórico, como el actual Centro Cultural Itchimbía, mismo que fue concebido originalmente como mercado de abastos.

Pero en las últimas décadas, ha surgido otra causa para la reutilización de edificios en el país, en específico en las ciudades de Quito y Guayaquil, que es la expansión desmedida hacia sus periferias, ocasionado por el crecimiento poblacional y la migración desde ciudades aledañas.

Numerosas viviendas informales se construyen constantemente en los extremos de las ciudades mencionadas, provocando una extensión forzosa de la infraestructura, servicios y equipamientos de la ciudad. Tomando en cuenta esta realidad, las Instituciones municipales han visto la necesidad de reutilizar edificios vacantes para la creación de viviendas en barrios urbanizados.

Varios referentes de reutilización de edificios vacantes, se ha dado en el centro de Quito; los cuales a más de generar vivienda también se plantea densificar este sector de la ciudad que paulatinamente ha quedado abandonado. La Municipalidad del Distrito Metropolitano conjuntamente con el Instituto de Patrimonio, han impulsado varias intervenciones, como en el Antiguo Hotel Colonial rehabilitado a vivienda colectiva; el Edificio Riofrio con un cambio de uso a vivienda.

Por medio de la reutilización de edificaciones vacantes en las ciudades, se logra dar vida al sector, permite generar permanencia de residentes y con el transcurso del tiempo sectores consolidados.

1.2. Arquitectura bioclimática

1.2.1. Definición de Arquitectura Bioclimática

El arquitecto Francisco Neila, especialista en arquitectura bioclimática menciona que, es la relación entre el clima, la arquitectura y el medio ambiente. Consiste en aprovechar los recursos naturales, clima, materiales, vegetación y recursos energéticos renovables, para solventar el diseño y construcción de una edificación, además de su acondicionamiento.

1.2.2. Aspectos que incorpora la Arquitectura Bioclimática

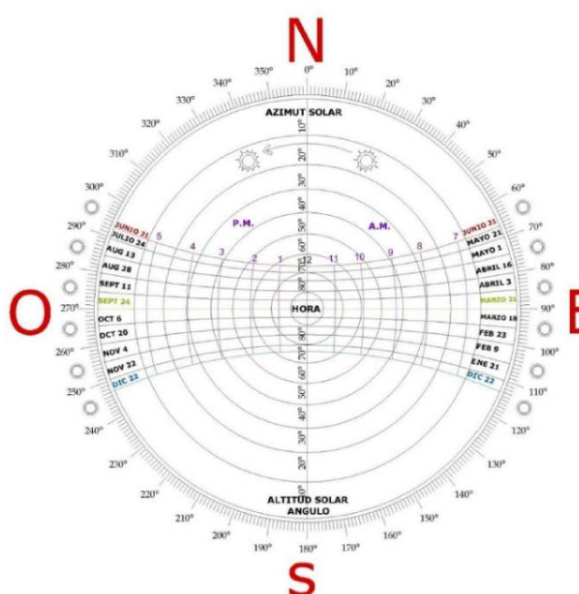
1.2.2.1. Orientación según el movimiento del sol

Al observar el sol todo el año, se precisa que el 21 de marzo y el 22 de septiembre, el día tiene una duración igual a la noche en toda la tierra, misma que se define como equinoccios. Mientras que el 21 de junio y el 21 de diciembre, el sol alcanza su mayor declinación $23^{\circ}27'$ norte y $23^{\circ}27'$ al sur respectivamente, conociéndose como solsticios.

El día 21 de junio se lo conoce como solsticio de verano, y la latitud geográfica en este punto se lo conoce como Trópico de cáncer. Cabe recalcar que, en esta fecha el polo norte recibe rayos solares, mientras que el polo sur se encuentra en oscuridad.

El día 21 de diciembre se lo conoce como solsticio de invierno, y la latitud geográfica en este punto se lo conoce como Trópico de capricornio. En esta fecha el polo sur recibe rayos solares mientras que el polo norte está en oscuridad. (Vélez Gonzalez, 1992)

Figura 1



Marsh J. (2007). Grafica solar del ecuador. Recuperado de: (Fuentes Freixanet V. , 2012)

El método gráfico más utilizado para analizar la trayectoria y posición solar es la proyección estereográfica, es útil para el análisis y evaluación de dispositivos de control solar, estudio de sombras y para decidir la orientación de una edificación y ubicar los espacios al interior. (Lacomba, 1991).

En el diagrama solar sobre el Ecuador, tanto los días como las noches es invariable de doce horas; se encuentra en el centro de las inclinaciones del sol y por encontrarse en este punto, es la parte de la tierra que conserva más el calor en todo el año. Cabe mencionar que mientras se está más alejado del ecuador, los lugares son más fríos debido a que las inclinaciones del sol son más pronunciadas.

1.2.2.2. Climatología

El científico ruso Wladimir Köppen en su obra Climatología define al clima como *“el estado medio y proceso ordinario del tiempo de un lugar determinado”* (Köppen, 1948).

La variabilidad de las condiciones climáticas entre distintos lugares y regiones, hace que para establecer un tipo de clima se establezcan diversos parámetros fundamentales, que implican necesariamente ser observados durante un tiempo considerable y ser registrados en las estaciones meteorológicas; siendo los fundamentales: temperatura, humedad relativa, heliofanía, precipitaciones, radiación solar y viento

Tipos de clima

Existen numerosos tipos de clima que se han generalizado a nivel mundial, pero estos usualmente no son los más adecuados; ya que cada lugar tiene una incidencia de los parámetros climáticos. Una de las clasificaciones más extendida es la desarrollada por Köppen

En el Ecuador se han desarrollado varias clasificaciones de clima a lo largo de los años, como son Cañadas en 1978, Holdrige en 1947, Estrada en 1983 y Thornthwite en 1948. Los cuales han tomado diversas variables para establecer su clasificación.

El clima según la tipología de Pourrut desarrollado en 1995, es más cercana al contexto del país, debido a que se usa la precipitación anual y la temperatura media para clasificar los climas y microclimas del Ecuador. En el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) mediante esta tipología, se distinguen quince tipos de clima y tres microclimas por tipo.

Para el análisis del clima del Ministerio de Finanzas se tomará la tipología de Pourrut para identificar el microclima, ya es el más idóneo.

Para obtener los datos climáticos del Ministerio de Finanzas, se obtendrán del Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), debido a que opera y mantiene estaciones meteorológicas en distintas zonas de la ciudad, pudiendo obtener información más certera del microclima de cada sector.

La estación más cercana y operativa al edificio de estudio es la M0024, que corresponde al sector de Ñaquito. Esta estación es idónea para realizar el análisis del edificio, ya que el INAMHI dispone de la información actual en línea.

1.2.2.3. Radiación solar

“La energía proveniente del sol es la fuente primaria de calor y luz en la tierra. Esta acción trae beneficios al hombre desde puntos de vista térmico, económico, higiénico y psicológico.”

En una edificación debe analizarse su localización, orientación y forma para aprovechar de manera óptima todos los beneficios del sol, en especial la radiación. (Lacomba, 1991).

Según el diagrama de Olgyay, cuando las temperaturas son superiores a 20°C, es vital protegerse de la radiación solar para lograr confort térmico, mientras que si existe temperaturas menores a 20°C se requiere el aporte de radiación para lograr el mismo efecto. (García de Diego & Reymundo Izard, 2017).

En lugares con una incidencia alta de radiación solar, se deben establecer estrategias que proteja a las edificaciones de los meses más sobrecalentados y posteriormente se utilice la energía ganada cuando la temperatura disminuya.

Para el estudio de la radiación solar incidente en los espacios de estudio, debe tomarse en cuenta tres componentes:

- a) Radiación solar directa, misma que depende del espesor y limpieza de la atmósfera.
- b) Radiación difusa, aquella dada como consecuencia de la dispersión de la radiación directa; y varía de acuerdo de acuerdo a la turbiedad de la atmósfera y altura solar. En un día soleado la radiación difusa corresponde aproximadamente al 15% de la directa, pero en días con baja radiación directa la difusa tiende a bajar. (Sanchez Montañes, 2014)
- c) Radiación reflejada, es la reflejada por la superficie terrestre y depende de la reflectividad o albedo de las superficies. Las superficies horizontales no reciben esta radiación, mientras que las superficies verticales si la reciben.

1.2.3. Confort

El confort refiere de manera general a un “*estado ideal del hombre que supone una situación de bienestar, salud y comodidad en la cual no existe en el ambiente ninguna distracción o molestia que perturbe física o mentalmente a los usuarios.*” (EADIC Formación y consultoría, 2017)

Pero de manera más puntual se define al confort a un estado de apreciación ambiental momentáneo, el cual está determinado por dos factores siendo: intrínsecos del individuo y exógenos.

Entre los factores internos que determinan el confort en un individuo son: sexo, edad, características biológicas y físicas, grado de actividad metabólica, etc. Entre los factores externos que determinan el confort son: grado de arropamiento, tipo y color de vestimenta, temperatura del aire, humedad del aire, radiación, viento, nivel lumínico y acústico, etc. (Fuentes Freixanet V. , Confort, 2015)

El confort para su estudio y análisis, se lo puede dividir según la percepción de un individuo en un espacio, resultando tres tipos principales: Térmico, Lumínico y Acústico.

1.2.3.1. Confort Térmico

Es la sensación de comodidad de los usuarios con el ambiente circundante, dada principalmente por la piel. El cuerpo humano intercambia energía con su entorno para mantener su temperatura interior a 37°C; y lo realiza mediante procesos de radiación, convección y conducción. Además, se considera ganancia o pérdida térmica por transpiración, respiración, metabolismo y energía metabólica. (Blender, 2015).

a) Características del ambiente

Toda edificación busca proveer ambientes interiores confortables para el ser humano, y encontrarse en esta zona de confort refiere gastar la mínima energía para adaptarse al entorno. Por lo que, es indispensable entender las necesidades y las condiciones externas, siendo éstos: temperatura del aire para confort, humedad relativa y movimientos del aire

b) Características del vestido

Se considera el grado de aislamiento y el área total del mismo. La unidad de aislamiento térmico se denomina Clo y equivale a 0.155 m²K/W; considerando a una persona promedio de 1.80 m² de superficie de piel.

c) Características metabólicas

“El metabolismo es un factor térmico que se relaciona con la capacidad del cuerpo humano en producir calor.” (EADIC Formación y consultoría, 2017). Cabe mencionar que este calor producido, también aporta al ambiente interior donde se encuentra un individuo habitando.

Se han establecido tablas que indican el metabolismo y aporte energético, calculadas en base a la actividad, posición, movimientos del cuerpo e intensidad de trabajo. La norma ISO 7730, presenta una tabla de valores de producción de energía metabólica en función a las actividades desarrolladas por un individuo.

Tabla 1

Actividad	W / m ²	Met
Descansando		
Durmiendo	40	0.7
Reclinado	45	0.8
Sentado, quieto	60	1.0
De pie, relajando	70	1.2
Caminando (en horizontal)		
0.89 m/s (3.2 Km/h)	115	2.0
1.34 m/s (4.8 Km/h)	150	2.6
1.79 m/s (6.5 Km/h)	220	3.8
Actividades de Oficina		
Leyendo	55	1.0
Escribiendo	60	1.0
Mecanografiando	65	1.1
Archivando sentado	70	1.2
Archivando de pie	80	1.4
Caminando alrededor	100	1.7
Manipulando/empaquetando	120	2.1

Monroy M. (2000). Tabla de niveles metabólicos. Recuperado de: (Kvisgaard & Monroy, 2000)

- **Temperatura del aire para confort**

Este es un factor muy importante para el confort térmico ya que “entre mayor diferencia entre la temperatura del aire y la del cuerpo, mayor será su flujo de calor.” (Fuentes Freixanet V., Confort, 2015).

Según la carta bioclimática de Givoni, la temperatura de confort oscila entre 21°C y 26°C, éste rango será utilizado para posteriores análisis del edificio de estudio. La normativa ISO 7730-1984 establece que en edificios de oficinas realizando actividades sedentarias, la temperatura operativa debe mantenerse entre los 20°C y los 24°C (22 ±2°C).

- **Humedad relativa para confort**

La humedad es un factor de vital importancia para crear confort en un espacio, ya que regula la evaporación. Existen límites extremos de humedad, debajo de 20% aumenta el peligro de infección por la sequedad de mucosas, y al sobrepasar el 60% ocasiona sudor o calor húmedo aún más inconfortable que el calor seco. (Peña & Erazo, 2017).

La norma ISO 7730 propone una humedad relativa entre 30% y 70% para condiciones de comodidad térmica para un lugar ocupado por personas realizando actividades sedentarias. Cabe recalcar que la humedad relativa del aire incide en la sensación térmica. Mientras mayor sea la humedad en el ambiente, mayor será la sensación térmica. (Ver imagen 3)

Tabla 2

Temp.	Humedad relativa en %					
°C	30	50	70	80	90	100
20	20	21.1	22.2	22.8	23.4	23.9
25	25	26.7	27.8	28.9	30.0	31.1
30	30	32.2	35.0	37.2	37.8	39.4
35	35	38.8	42.2	44.4	46.7	48.9
40	40	45.0	50.0			

Landsberg H. (1972). Sensación térmica en función de la humedad relativa del aire.
Recuperado de: (Landsber, 1972)

- **Movimientos del aire para confort (ventilación)**

Las renovaciones del aire son importantes, para que los ambientes mantengan condiciones habitables e higiénicas. Mientras más concentración de contaminantes exista en el ambiente aumenta la tasa de ventilación.

El viento también mejora la sensación de confort térmico ya que permite mitigar el incremento de temperatura y humedad relativa.

Además, la velocidad del viento también influye en la reducción de la sensación de calor, “para reducir la sensación de calor en 1 °C es necesario un aumento en la velocidad del viento de 0,5 m/s.” (García de Diego & Reymundo Izard, 2017).

1.2.3.2. Modelos de Confort Térmico

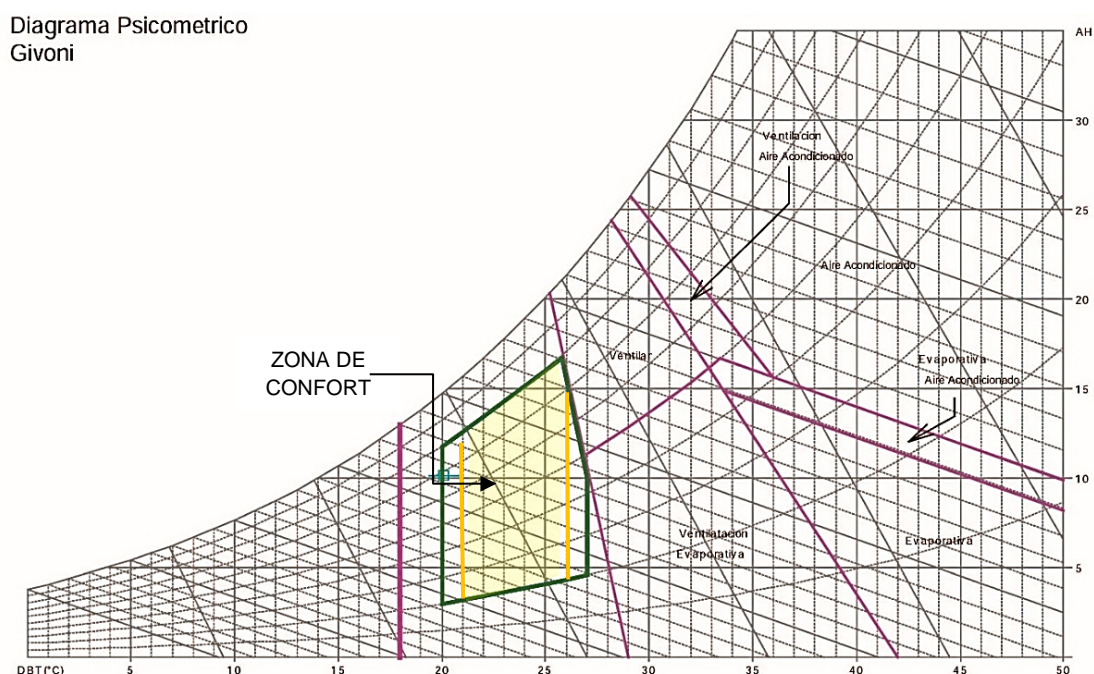
Los modelos más conocidos son: Ábaco psicométrico de la Normativa NBE-CT-79, Índice de Fanger y Ábaco psicométrico de Givoni

- **Ábaco psicométrico de Givoni.**

“El diagrama de Givoni es una carta que permite determinar la estrategia bioclimática idónea en función de las condiciones higrotérmicas del edificio en una determinada época del año.” (Hernández, 2014). Para trabajar con el ábaco se debe introducir los datos de valores climáticos considerables de cada mes del año y unir con líneas para determinar el rango donde se encuentre.

Según el diagrama de Givoni la temperatura de confort se encuentra entre los 21°C hasta los 26°C, pero tiene un rango de confort permisible de $\pm 1^\circ\text{C}$. Este diagrama se tomará en cuenta para el análisis del edificio de estudio ya que es el más acertado para el análisis.

Figura 2



Hernández P (2014). Carta Bioclimática de Olgyay.

Recuperado de: <https://pedrojherandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>

1.2.4. Estrategias Bioclimáticas

Tienen el objetivo de adaptar las edificaciones a su propio clima utilizando de manera adecuada el intercambio de calor (hacia y desde el edificio), y los recursos naturales con el propósito de crear confort físico y psicológico, limitando el uso de sistemas mecánicos de climatización, para lograr un ahorro de recursos. (Aresta Rebelo, 2015).

Para lograr edificaciones pasivas se debe aplicar técnicas para la calefacción, refrigeración e iluminación natural; dichas técnicas o estrategias deben analizarse para ser aplicadas según el clima, topografía y orientación de cada edificación.

1.2.4.1. Calefacción Pasiva

La calefacción pasiva se origina por medio del sol, y trabaja bajo cuatro principios: recepción, captación, acumulación y distribución de calor. Cabe recalcar que para mantener la ganancia solar y evitar pérdidas de calor al interior de las edificaciones se debe evitar puentes térmicos mediante aislamientos en la envolvente.

Un puente térmico es un paso no deseado de flujo de calor a través del aislamiento de una edificación. Estos se originan por el cambio de resistencia térmica entre materiales, por lo que se debe emplear materiales aislantes provocando una rotura del puente térmico. La calefacción pasiva se genera por medio de tres maneras, ganancia directa, indirecta y aisladas.

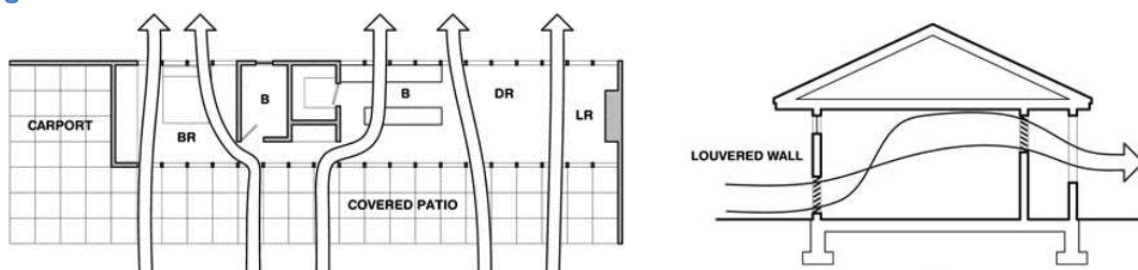
1.2.4.2. Refrigeración Pasiva

La refrigeración pasiva utiliza el viento principalmente como elemento de enfriamiento de los espacios. Un factor primordial es evitar el calentamiento interior por ganancia solar, protegiendo los vanos con vegetación, pérgolas y elementos de sombra.

La refrigeración pasiva se puede dar por ventilación natural, enfriamiento por evaporación, enfriamiento por masa térmica, enfriamiento radiante y control de humedad.

- **Ventilación natural.** Se produce a través de la diferencia de presión en el interior de la vivienda. Se logra abriendo pequeñas aberturas en la parte inferior de las paredes y grandes aberturas en las paredes opuestas, originando el efecto Venturi; a más de la ventilación cruzada que se conduce en el interior. (Aresta Rebelo, 2015)

Figura 3



Climate Consultant (2012) Efecto chimenea. Recuperado de: Climate Consultant 6.0.

Una manera de generar ventilación natural es a través de una chimenea ventilada ubicada en el tumbado. Por medio del cambio de presión se extrae el aire caliente del interior de la edificación hacia el exterior, por lo que se denomina efecto chimenea.

- **Enfriamiento por evaporación.** Se genera a través de un espejo de agua ubicado al exterior de la edificación y en la senda de los vientos predominantes. Lo que provoca que el aire disminuya su temperatura e ingrese a la edificación más fresco.
- **Enfriamiento por masa térmica.** Al diseñar una edificación en un terreno con pendiente se puede aprovechar esta condición, para ubicarla debajo de la tierra. La masa térmica

de la tierra reduce los cambios de temperatura tanto en verano como en invierno, manteniendo una temperatura estable en el interior de la edificación.

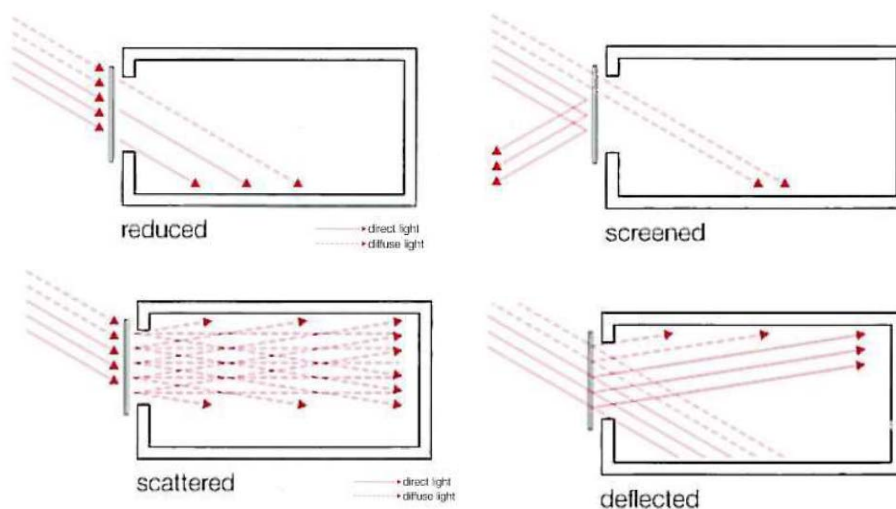
- **Enfriamiento radiante.** Se logra colocando una cámara de aire ventilada bajo la cubierta de la edificación con dos aberturas, una rejilla de ventilación desde el interior para que el aire caliente ingrese a la cámara y una abertura hacia el exterior que saque este aire, esta estrategia se la conoce como techo acumulador con ventilación.

1.2.4.3. Iluminación Natural

La iluminación natural se relaciona directamente con la ubicación, orientación, vanos de las ventanas y diseño de la envolvente de una edificación. Y según las actividades que se realicen al interior, depende la cantidad de iluminación natural en cada espacio.

Las estrategias de control de iluminación natural a través de los vanos son: reducir, crear una pantalla, dispersar y desviar.

Figura 4



Brandi U (2006) Principios activos de control de iluminación natural. Recuperado de: (Brandi Licht, 2006)

En edificaciones donde se realiza actividades sedentarias en ordenadores sobre espacios de trabajo, se requiere una iluminación óptima, pudiendo ser ésta reflejada o difusa. Y debe evitarse al máximo una iluminación directa o regular la radiación por medio del uso de elementos de sombra en fachadas.

- **Elementos de sombra**

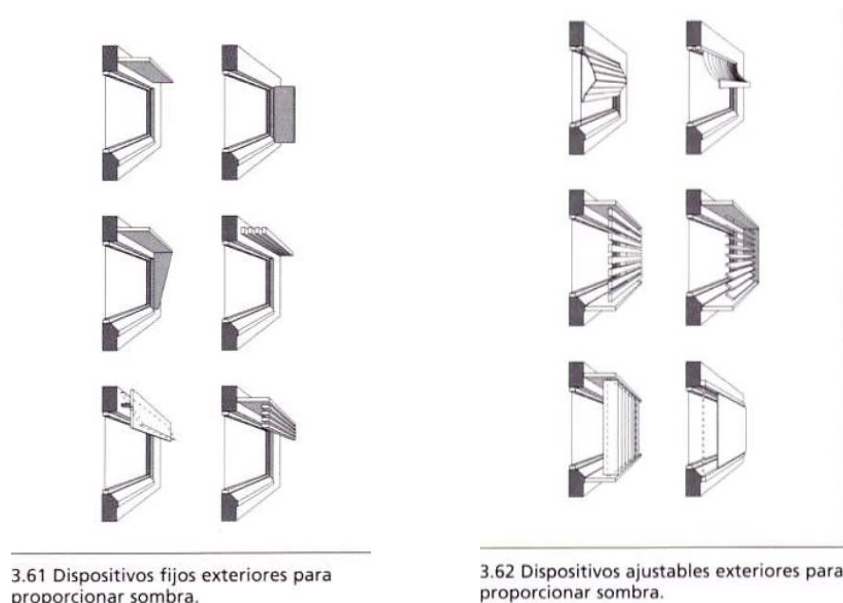
Uno de los dispositivos pasivos más fomentado en las edificaciones son los elementos de sombra, ya que reducen la absorción de energía procedente del sol en un 80% y para su uso es indispensable el estudio de la orientación del vano de la ventana, geometría de la

estructura y la geografía de la localidad, además del tiempo y la cantidad de radiación solar que atravesará el vano durante todo el año. (RECONSOST, 2006-2008, págs. 2-3)

Los elementos de sombra pueden ser fijos o ajustables, y pueden ser colocados tanto al interior como al exterior, pero tomando en cuenta que todas las estructuras de sombra deben tener la capacidad de moverse, para permitir que el calor absorbido salga al exterior de los materiales sombreadores y vidrio. (RECONSOST, 2006-2008, pág. 3)

Los dispositivos externos de sombreado son los más utilizados por su capacidad de ser diseñados en base a la geometría del envolvente o fachada.

Figura 5



Brandi U (2006) Dispositivos fijos y móviles para proporcionar sombra. Recuperado de: (Brandi Licht, 2006)

1.2.5. Flujo de calor y balance térmico en edificios

1.2.5.1. Flujo de calor

El intercambio de calor entre una edificación y el medio ambiente se genera por medio de la envolvente de un edificio, siendo estos muros, cubiertas y suelo. De los cuales se tomará en cuenta el espesor, superficie y material.

La transmisión de calor se produce cuando dos elementos se encuentran a diferentes temperaturas, siempre desde la superficie más caliente a la más fría. Existen tres tipos de transmisión de calor, siendo: radiación, conducción y convección. (D'alencon, 2008)

La transmisión de flujo de calor dependerá de la resistencia que cada material posee al paso del calor. La transmitancia térmica se la conoce por el valor U y se expresa en W/m^2K . Al

existir una mayor transmitancia de un elemento de la envolvente, mayor serán las pérdidas de calor en climas fríos y mayores ganancias tendrán en climas cálidos.

1.2.5.2. Balance térmico en edificios

El balance térmico en edificaciones, se da cuando la suma del flujo de calor hacia y desde el edificio es cero. Esto es, cuando un edificio pierde la misma cantidad calor que gana en el transcurso del día. (D´alencon, 2008)

La ecuación que representa ganancias y pérdidas por calor es:

$$Q_c + Q_v + Q_s + Q_i + Q_e = 0$$

Q_c = Ganancia o pérdida por conducción

Q_i = Ganancia interna

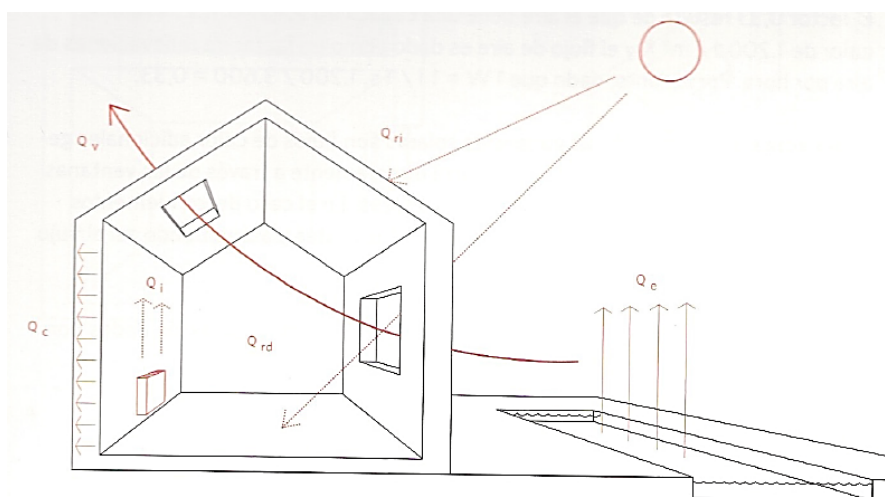
Q_v = Ganancia o pérdida por ventilación

Q_e = Pérdidas por evaporación

Q_s = Ganancia por radiación solar

Q_{inf} = Pérdidas por infiltración de aire

Figura 6



D´Alencon (2008). Componentes del balance térmico del edificio. Recuperado de: (D´alencon, 2008)

Ganancia o pérdida por conducción (Q_c). Se produce al transmitir el calor exterior al interior por medio de la envolvente. El flujo de calor dependerá del tipo de material y la superficie que ocupe, además de la diferencia de temperatura entre el interior y exterior. (D´alencon, 2008)

$$Q_c = U A \Delta T$$

U = Transmitancia térmica (W / m^2K)

A = Área de la superficie del elemento

ΔT = Diferencia de temperatura interior y exterior

de la envolvente (m^2)

Ganancia o pérdida por ventilación (Qv). Esto ocurre cuando el aire del exterior ingresa a la edificación, usualmente se da por filtraciones entre los materiales de la envolvente, vanos de ventanas y puertas. (D'alencon, 2008)

$$Q_v = 0.33 N V \Delta T$$

N= Número de renovaciones de aire por hora ΔT = Diferencia de temperatura interior y exterior
V= Volumen total estudiado

Ganancia por radiación solar (Qs). Son flujos de calor generados por la radiación solar, mismo que se origina a través de las ventanas o de manera indirecta a través de la envolvente.

$$Q_s = G A f_{gs}$$

G= Radiación solar incidente en la ventana (W/m²) f_{gs} = Factor de ganancia solar
A= Área de la superficie de la ventana (m²)

Ganancias Internas (Qi). Se generan por fuentes de calor al interior del edificio. Incluyen equipos eléctricos y electrónicos, luminarias y personas. La ganancia interna de las personas se mide en W/m² y depende de la actividad que realicen al momento de la medición.

$$Q_i = \Sigma \text{equipos} + \text{personas}$$

Pérdidas por evaporación (Qe). Se dan cuando el agua cambia de fase de líquido a gas, produciendo la evaporación.

$$Q_e = 666.66 e_v$$

e_v = Tasa de evaporación (kg/h)

Pérdidas por infiltraciones de aire. Son pérdidas provocadas por el aire exterior que ingresa al interior de un espacio, a través de aberturas, rendijas, grietas, no colocadas premeditadamente al interior de un espacio. Se producen por la diferencia de presión entre el exterior e interior. (Olgay, 1998). También se producen infiltraciones por ductos de ventilación y de instalaciones.

Al existir un alto número de infiltraciones de aire en una edificación, afecta al confort térmico interior y provoca un incremento de consumo de energía, al tratar de recuperar el calor perdido por las grietas.

1.2.6. Síndrome del edificio enfermo

Según la organización mundial de la salud (OMS) “*son los problemas de salud causados por la contaminación ambiental en edificaciones de trabajo provocando absentismo y bajo rendimiento en el trabajo.*” (Sánchez, 1990)

El síndrome del edificio enfermo (Sick building syndrome SBS) tiene como característica varios síntomas en piel, mucosas, sistema respiratorio y/o sistema nervioso central, son de aparición rápida y tienden a desaparecer al salir del edificio.

La OMS determina algunos factores causantes de los problemas antes mencionados siendo estos:

- Edificios herméticos en donde las ventanas no pueden abrirse
- Carencia de renovaciones de aire
- Temperatura mayor a 23 °C
- Humedad inferior al 40% o superior al 60%
- Ruido
- Inadecuada iluminación
- Altura de entrepiso inferiores a 2,40 metros

1.3. Conclusiones capítulo conceptualización

- La reutilización arquitectónica permite prolongar el ciclo de vida de las edificaciones antiguas y contemporáneas, que tengan un valor histórico o social. Además, se reduce el impacto ambiental y costos económicos, al evitar el derrocamiento y la construcción de un nuevo edificio.
- Analizar el asoleamiento en las edificaciones es primordial ya que se puede tener control de su captación, calcular la irradiación, evitar el deslumbramiento y alcanzar confort térmico en el interior de los edificios. Mismos que se logran, a través del análisis de la trayectoria solar y sus ángulos de incidencia.
- La temperatura de confort oscila entre 21°C y 26°C según la carta bioclimática de Givoni, y la temperatura idónea para espacios de trabajo realizando actividades sedentarias fluctúa entre 20°C y 24°C.
- Por medio de una adecuada aplicación de estrategias bioclimáticas en una edificación se logra mantener temperaturas de confort al interior, a pesar de condiciones desfavorables al exterior, y limitando la necesidad de ocupar aparatos eléctricos.

CAPITULO 2. ESTADO ACTUAL – EDIFICIO MINISTERIO DE FINANZAS

Se ha determinado realizar el estudio del edificio del Ministerio de Finanzas, debido a que se ha programado el traslado de la entidad del Ministerio de Justicia para el mes de agosto de 2017, mismo que desempeñará actividades administrativas en las instalaciones.

Consta como proyecto de rehabilitación y reutilización en la Secretaria de Territorio, Hábitat y Vivienda del Municipio de Quito; además es el referente idóneo para el análisis de estrategias bioclimáticas de edificios del centro norte de la ciudad de Quito, por la problemática planteada.

Tiene relevancia social ya que el departamento de seguridad y salud ocupacional del Ministerio de Finanzas, requiere el análisis y evaluación del bienestar térmico de sus espacios de trabajo, para evaluar una intervención en la edificación que mejore las condiciones de confort y habitabilidad.

Figura 7



Montenegro G. (2017). Fachada frontal del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Archivo del autor

2.1. Ubicación y entorno

El Edificio del Ministerio de Finanzas se encuentra ubicado en la Provincia de Pichincha, en el Distrito Norte de la ciudad de Quito, sector Miraflores, Avenida 10 de agosto y Bolivia.

Latitud: -0.204003

Longitud: -78.498707

Altura: 2794 msnm

Figura 8



Montenegro G. (2017). Ubicación del edificio de estudio. Recuperado de: Archivo del autor

Las fachadas frontal y posterior del edificio del Ministerio de Finanzas, se encuentran expuestas al asoleamiento directo diario, cabe mencionar que en las dos fachadas mencionadas no existen obstáculos como vegetación u otras edificaciones que provoquen sombra en ellas.

Figura 9



Montenegro G. (2017). Incidencia solar en el edificio de estudio. Recuperado de: Archivo del autor

2.2. Función

La función que desempeña actualmente la edificación, es oficinas administrativas para directivos del Ministerio de Finanzas. Pero en el mes de agosto del 2017 la edificación cambiará su uso por las oficinas administrativas del Ministerio de Justicia.

Se escogió esta edificación por su versatilidad para adaptarse a una nueva función, ya que sus divisiones interiores son mamposterías de 10 cm y paneles divisorios desmontables.

El horario de trabajo de los usuarios es de 8:00 a.m a 17:00 p.m. Pero por encontrarse las oficinas hacia la fachada este del edificio se analizará únicamente en el horario de 8:00 a.m a 12:00 p.m. El edificio dispone de una planta baja, mezanine y cinco plantas altas.

En planta baja es el acceso principal a la edificación desde la Av. 10 de agosto, todas las oficinas de esta planta son de atención al público, y sus puertas permanecen abiertas en horario laborable, lo que genera ventilación y una sensación térmica menor que la exterior.

Figura 10



Montenegro G. (2017). Planta Baja, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Archivo del autor

Todas las plantas de la edificación disponen de la misma distribución. Y la altura entre piso y tumbado es de 2.30 metros. No dispone de ductos de ventilación o para instalaciones, que provoque infiltraciones de aire.

Figura 11



Montenegro G. (2017). Planta Tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Archivo del autor

2.3. Clima

El clima asignado al sector de análisis según la Tipología de Pourrut, corresponde a Cw Ecuatorial meso térmico húmedo, mismo que maneja temperaturas entre 12° C y 18° C y una precipitación anual entre 1000 mm y 2000 mm.

Los datos de la estación meteorológica que se utilizará para el análisis del Ministerio de Finanzas es la M0024 – Iñaquito; debido a la facilidad para la obtención de datos diarios y anuales para todos los estudios posteriores.

La información solicitada fue del último anuario útil, año 2014, debido a que éste, no ha sido influenciado por fenómenos climáticos del niño o la niña como es el caso de los años 2015 y 2016. Ver anexo 1

Los datos climáticos anuales que corresponden a la estación Iñaquito, del año 2014 son:

- Heliofanía efectiva en horas: 1967,40 horas
- Temperatura media anual: 15,43 °C
- Temperatura máxima promedio: 21,62 °C
- Temperatura mínima promedio: 10,78 °C
- Humedad relativa media: 71,38 %

2.4. Diagrama Psicométrico

Mediante el diagrama de Givoni, se hará el análisis del sector de estudio, lo cual permitirá conocer si en el clima del sector existe confort o carencia de éste. Para lo cual se utilizará datos de temperatura (termómetro seco) y humedad relativa.

Los datos para realizar el diagrama fueron obtenidos del INAMHI mediante solicitud, al no encontrarse a disposición general. Los días que analizaré serán los meses con mayor y menor precipitación ya que influencia en la humedad del ambiente. Dando como resultado los meses de mayo y julio los meses con mayor y menor incidencia de precipitaciones.

Tabla 3

PUNTO	FECHA	HORA	HUMEDAD RELATIVA (%)	TERMOMETRO SECO
1	01-abr-14	13:00	44.0 %	23.4 °C
2	16-abr-14	7:00	94.0 %	10.8 °C
3	28-abr-14	7:00	89.0 %	9.6 °C
4	06-jul-14	7:00	90.0 %	11.0 °C
5	09-jul-14	13:00	41.0 %	23.2 °C
6	26-jul-14	7:00	72.0 %	9.1 °C

Montenegro G. (2017). Tabla de datos de temperatura y humedad, año 2014.
 Recuperado de: Elaboración propia, INAMHI

Voto medio pronosticado

Este dato no se tomará en cuenta en el análisis manual que se desarrolló, pero se asume valores promedio que dependen de la ubicación y situación del espacio.

Figura 12

Diagrama Psicometrico
 Givoni



Montenegro G. (2017). Diagrama Psicométrico de Givoni. Recuperado de: Elaboración propia, INAMHI

Tomando en cuenta que el edificio de estudio, se encuentra ubicado en la ciudad de Quito, en el sector de Miraflores, se concluye lo siguiente:

- Ropa: Se asume un conjunto típico de invierno para interior, con un valor de 1.0 clo.

- Actividad (energía metabólica): debido a que es una habitación se asumirá una actividad de descanso “estar sentado quieto” con un valor de 1.0 met.
- Velocidad del aire: Tomando en cuenta que es un espacio de trabajo y que existe una ventana en el espacio, la velocidad media registrada en la ciudad por el INAHMI, 2.0 m/s.
- Temperatura radiante: Al ser un dato de poco acceso, se asumirá uno, en base al espacio analizado de 10° para las 7:00 y 20° para las 13:00.

Cabe recordar que la hora de ingreso de los usuarios a la edificación es 8:00 a.m, por lo que en 2 horas desde el amanecer se debe ganar temperatura interior. Además, se debe eliminar los puentes térmicos en ventanas y la envolvente para evitar pérdidas de temperatura interior.

2.5. Materiales Constructivos

Tabla 4

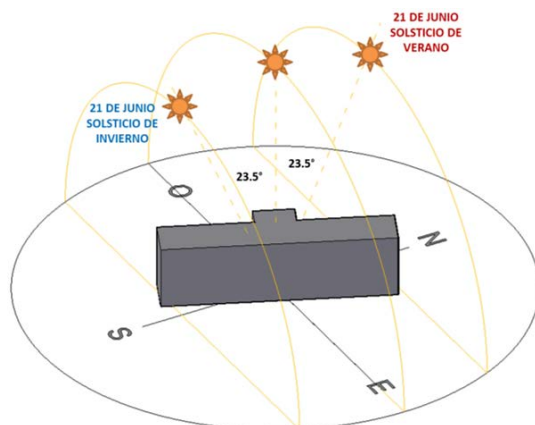
ESPACIO		MATERIAL	DIMENSION	DETALLE	IMAGEN
PAREDES	Interior	Bloque alivianado	0.10 m	División entre espacios interiores	
	Exterior	Bloque alivianado	0.20 m		
PISOS	Interior	Cerámica	0.01 m	En hall de circulación	
	Interior	Piso flotante	0.015	En oficinas	
ESTRUCTURA		Hormigón armado			
VENTANAS	Fachada este	Aluminio	Serie 100	Ventanas fijas sin abertura, no existen infiltraciones de aire visibles. No existen protecciones solares en la fachada	
		Vidrio	6 mm		
	Fachada oeste	Aluminio	Serie 100	Ventanas con abertura, no existen infiltraciones de aire visibles. No existen protecciones solares en la fachada.	
		Vidrio	6 mm		
TUMBADO		Fibra mineral tipo Armstrong	0.01 m	Entre el tumbado y la cubierta existe una distancia de 20 cm, donde se encuentran las instalaciones	
CUBIERTA		Losa de hormigón armado	0.30 m		

Montenegro G. (2017). Tabla de materiales constructivos. Recuperado de: Elaboración propia.

2.6. Diagrama Solar

Para lograr un asoleamiento adecuado en los espacios interiores, se requiere utilizar el diagrama solar, para prever la incidencia solar que pase sobre ventanas o superficies no opacas, en horas sobre un espacio.

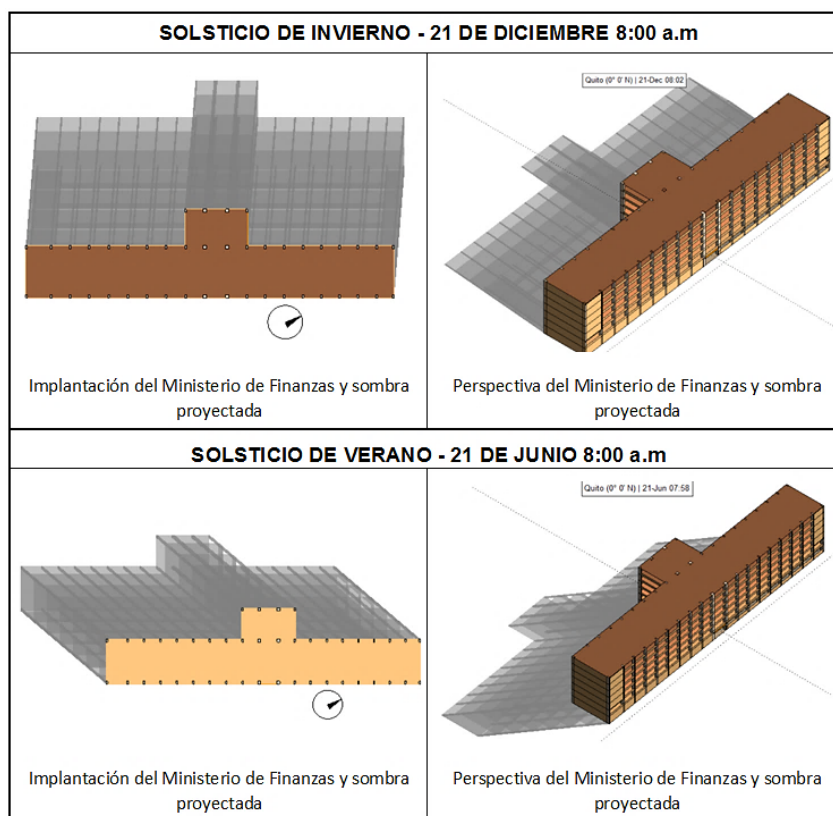
Figura 13



Montenegro G. (2017). Diagrama solar en el edificio de estudio. Recuperado de: Elaboración propia

Cabe recordar que la ciudad de Quito se encuentra en la latitud 0° , por lo que en los equinoccios el sol seguirá una trayectoria vertical naciendo desde el este al oeste; mientras que en los solsticios el sol nace 23.5° norte o sur desde el este y se oculta 23.5° al oeste respectivamente.

Figura 14



Montenegro G. (2017). Implantación y perspectiva del edificio de estudio con la sombra proyectada en el solsticio de invierno y verano. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2

En la implantación del edificio (ver figura 7), las fachadas frontal y posterior, se encuentran expuestas directamente a la radiación solar, mientras que las fachadas laterales tienen una deficiente radiación solar. Pero esta connotación cambia en los solsticios de verano e invierno donde la exposición solar se ve afectada en todas sus fachadas.

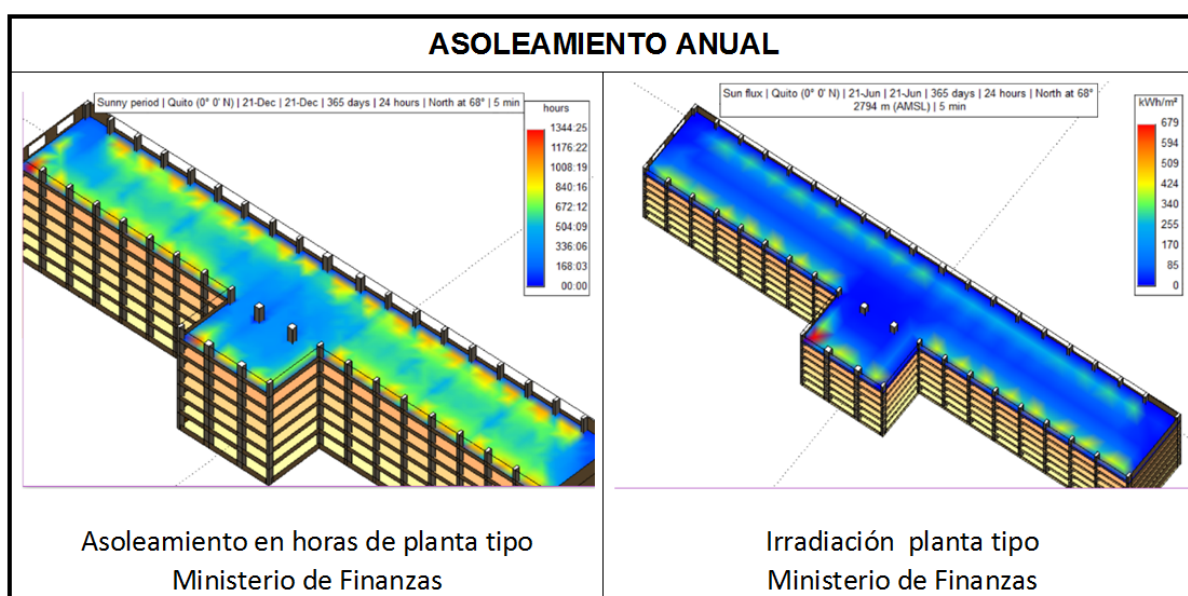
En base a que las oficinas se encuentran ubicadas hacia la Av. 10 de agosto y la circulación interior se desarrolla hacia la fachada posterior (ver imagen 4); se trabajará la incidencia solar solo hacia la fachada frontal, que es, donde se desarrollan las funciones de los usuarios.

2.7. Asoleamiento

Se llevaron a cabo estudios de asoleamiento, utilizando el programa Heliodon 2. Los datos ingresados para elaborar la simulación son: latitud, altitud, ubicación geográfica, características de la edificación y aberturas de las ventanas. Cabe recalcar que en el entorno cercano no existen obstrucciones por edificaciones o elementos de altura por lo que no fue necesario simularlos.

El programa realiza la simulación gráfica del ingreso del flujo luminoso a los espacios interiores y determina el número horas e irradiación sobre la superficie. Al no tener protecciones solares en los vanos de ventanas, se observa que la radiación sobre la superficie junto a los vanos es directa y además produce deslumbramiento.

Figura 15

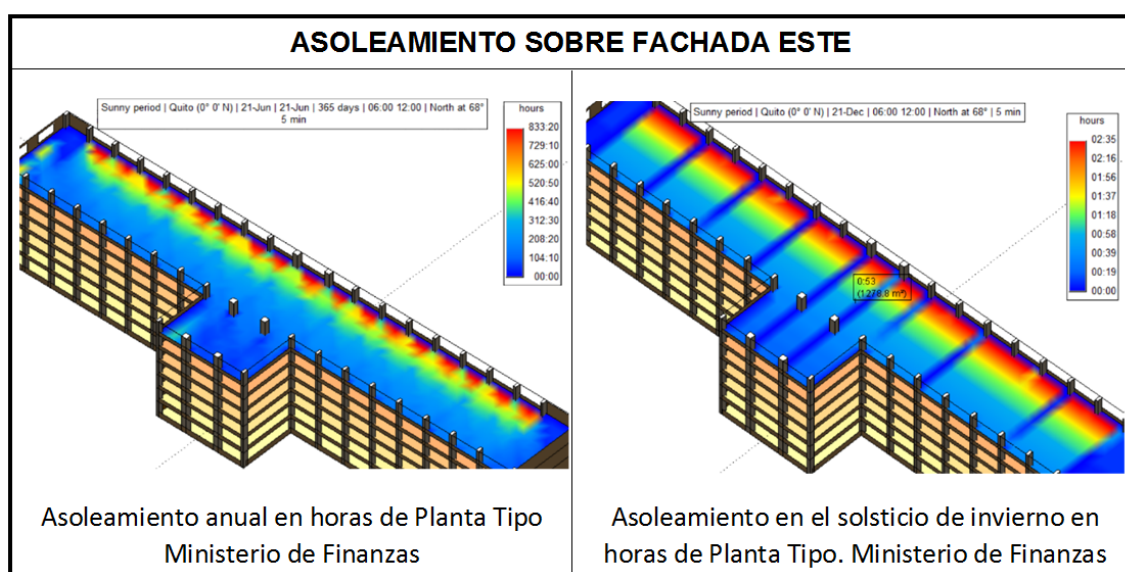


Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación anual del Ministerio de Finanzas.
Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2

Como se mencionó previamente, las áreas de trabajo se encuentran ubicadas hacia el este, por lo que se analizará con más detalle el asoleamiento anual en horario diurno y el solsticio que influya de manera directa hacia los espacios interiores.

En base al análisis de sombras proyectadas, (Ver Figura 13) el mayor asoleamiento e irradiación sobre la fachada este, se produce en el solsticio de invierno (21 de diciembre), proyectándose de manera perpendicular sobre esta.

Figura 16



Montenegro G. (2017). Asoleamiento en horas sobre fachada este, Ministerio de Finanzas.

Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2

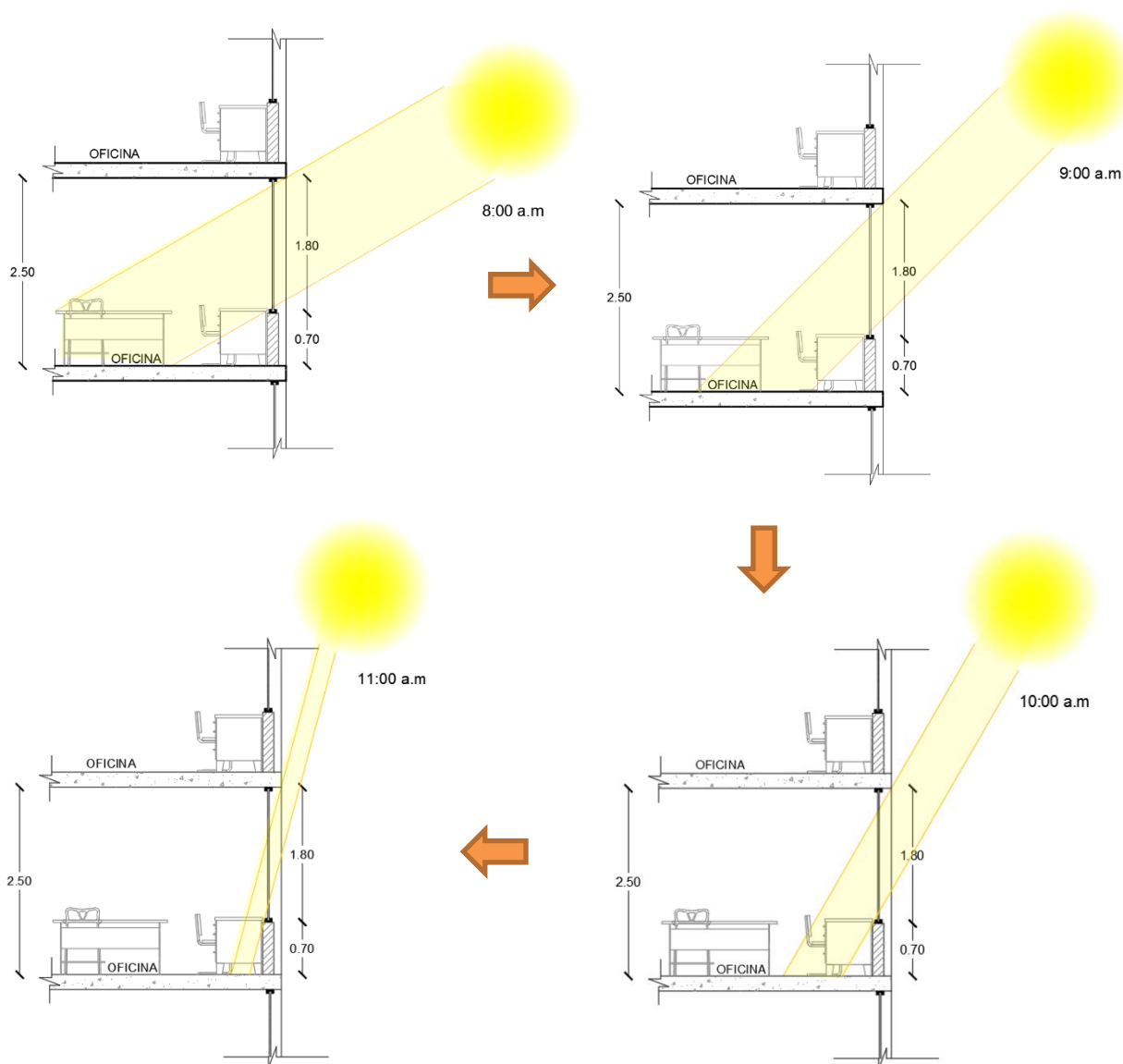
Como se observa en la figura 17 el asoleamiento sobre la superficie interior de la fachada este, es uniforme a lo largo del vano.

Por lo que se modelará con mayor referencia una oficina tipo de esta fachada, para conocer con detalle el diagnóstico de asoleamiento interior.

En la oficina tipo, a partir de las 8:00 a.m., (hora de ingreso de los usuarios) hasta las 12:00 p.m., existe cuatro horas de asoleamiento directo a la superficie cercana al vano, misma que se va reduciendo en base al movimiento del sol.

Debido a la irradiación directa a los espacios interiores y el tiempo prolongado sobre las mismas, se produce deslumbramiento sobre las superficies de trabajo.

Figura 17

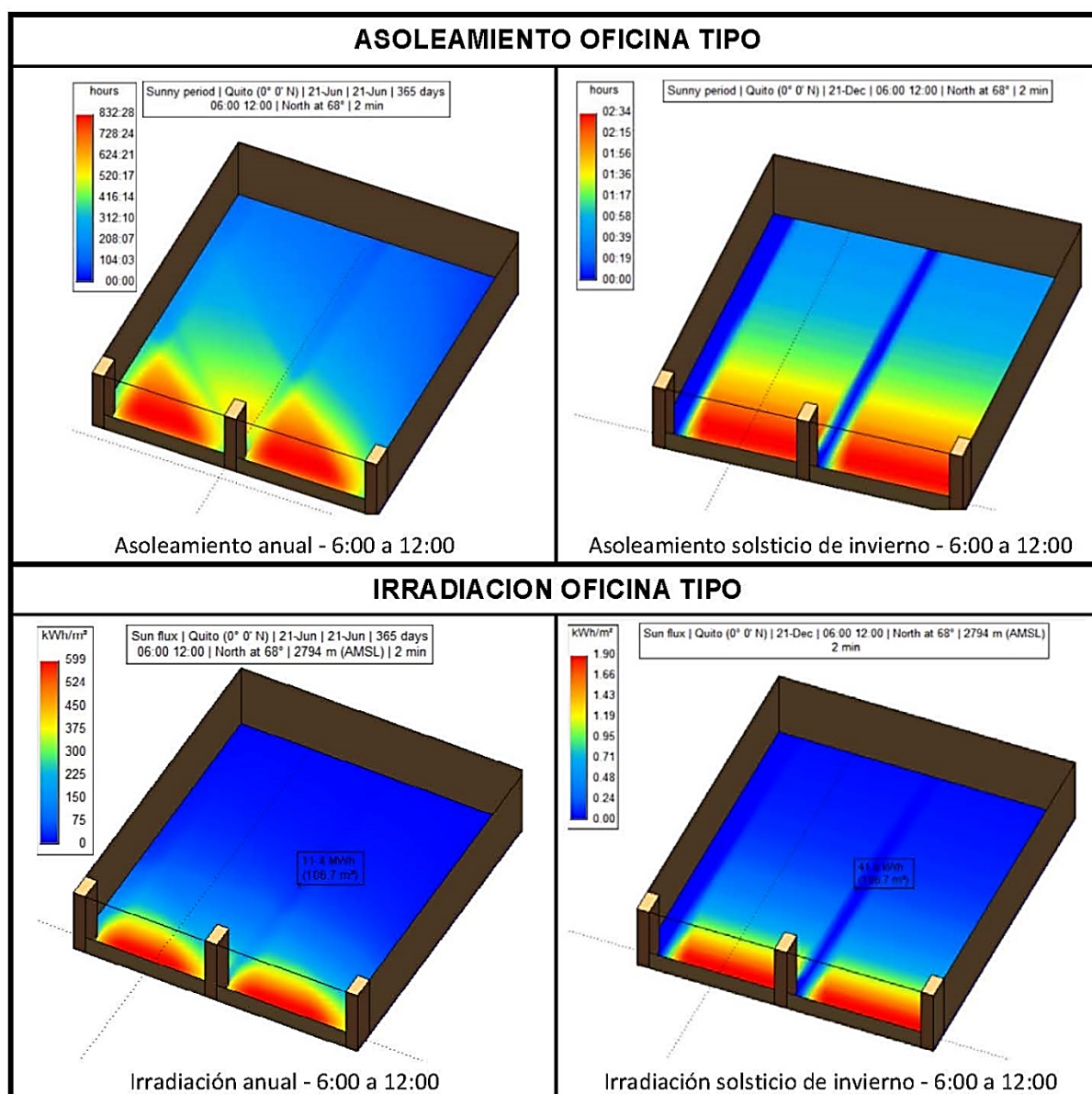


Montenegro G. (2017). Asoleamiento en oficina tipo de 8:00 a 12:00 p.m, Fachada este, Ministerio de Finanzas.
Recuperado de: Elaboración propia, AutoCAD 2017.

El valor máximo promedio del asoleamiento anual en horas es de 2.28, mientras que en el solsticio de invierno es de 2.34 horas. El valor máximo promedio de irradiación anual es 1.64 kWh/m², mientras que en el solsticio de invierno es de 1.90 kWh/m².

Tomando en cuenta los valores de asoleamiento e irradiación directa, la superficie de la oficina queda irradiada, provocando inconfort a causa del calor que se conserva al interior.

Figura 18



Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación en oficina tipo, Fachada este, Ministerio de Finanzas.
Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

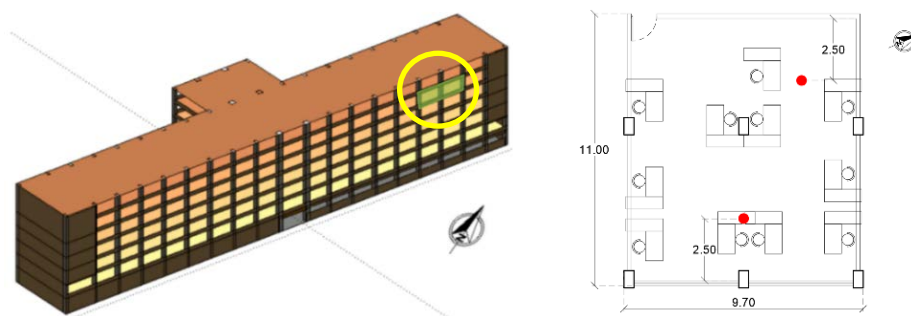
2.8. Temperatura Interior

Para registrar la temperatura del aire y la humedad relativa del interior del Ministerio de Finanzas, se ha colocado dos medidores de monitoreo ambiental HOBO, en la oficina tipo (ver Figura 20). El tiempo de registro en los hobos es una semana del mes de julio.

Para comparar con la temperatura exterior de la edificación, se ha tomado los datos de la estación M0024 – Iñaquito del INAHMI, que le corresponde al edificio del Ministerio de

Finanzas. La información facilitada por la Institución se ha registrado por horas, al igual que los medidores de temperatura y humedad colocados en el interior de la oficina tipo.

Figura 19

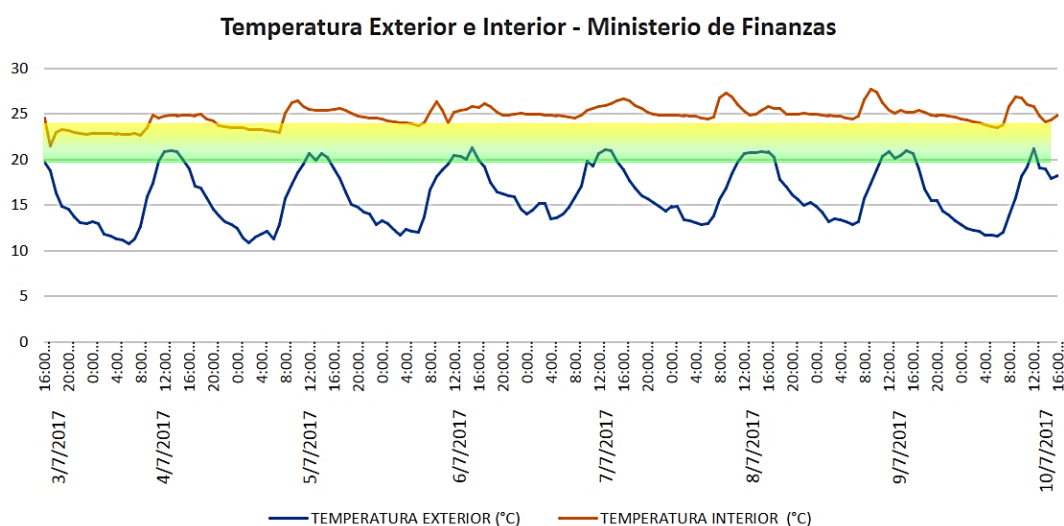


Montenegro G. (2017). Ubicación de HOBOS, en oficina tipo, Ministerio de Finanzas.
Recuperado de: Elaboración propia, AutoCAD 2017.

Cabe recordar que la temperatura de confort para el interior de oficinas, debe mantenerse entre los 20°C y los 24°C ($22 \pm 2^\circ\text{C}$). Por lo que se analizará, si la temperatura interior de las oficinas alcanza este rango.

Debido a las políticas del Ministerio de Finanzas, no se pudo colocar otros equipos al interior del espacio de estudio que permitan la medición de la temperatura interior asociada con el asoleamiento, mismo que puede generar los cambios de temperatura interior y que difieren con el contorno de la temperatura exterior.

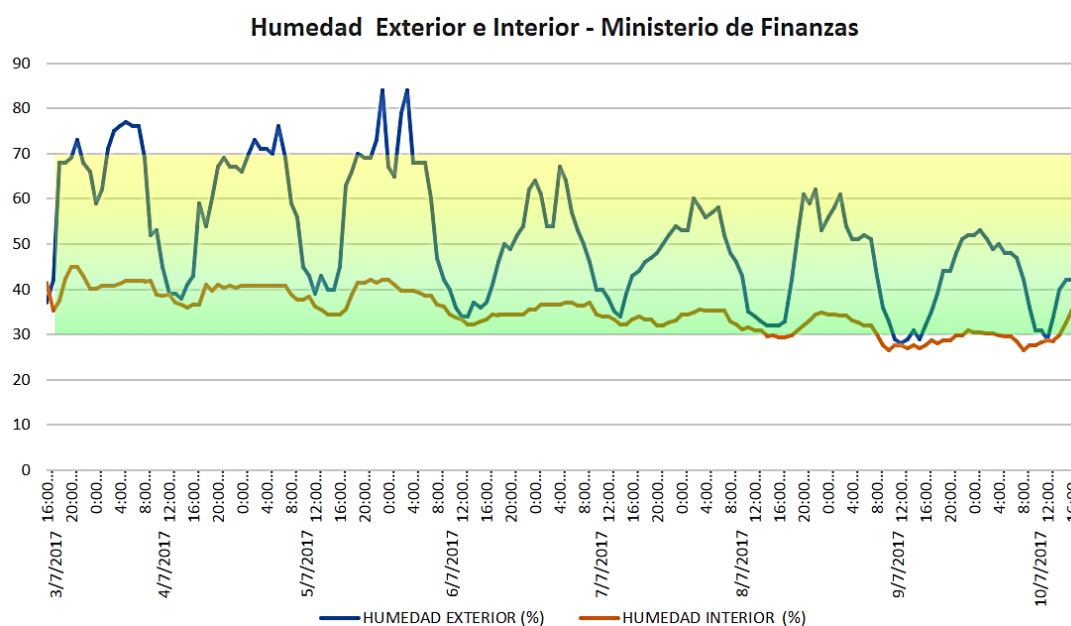
Figura 20



Montenegro G. (2017). Temperatura exterior e interior de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, con base a mediciones realizadas al interior (HOBOS) y exterior tomado de INAMHI 2017.

La humedad relativa, para alcanzar incomodidad, es menos significativa dentro del confort higrotérmico, ya que la tolerancia del cuerpo admite límites entre 30% y 70%.

Figura 21



Montenegro G. (2017). Humedad exterior e interior de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, con base a mediciones realizadas al interior (HOBOS) y exterior tomado de INAMHI 2017.

Para obtener la temperatura y humedad interior de la oficina tipo, se ha realizado un promedio de los dos medidores de monitoreo ambiental colocados al interior. Y como se mencionó previamente, las oficinas se encuentran hacia el este sobre la Avenida 10 de agosto, por lo que se analizará solo la temperatura de 6:00 a.m. a 12:00 p.m.

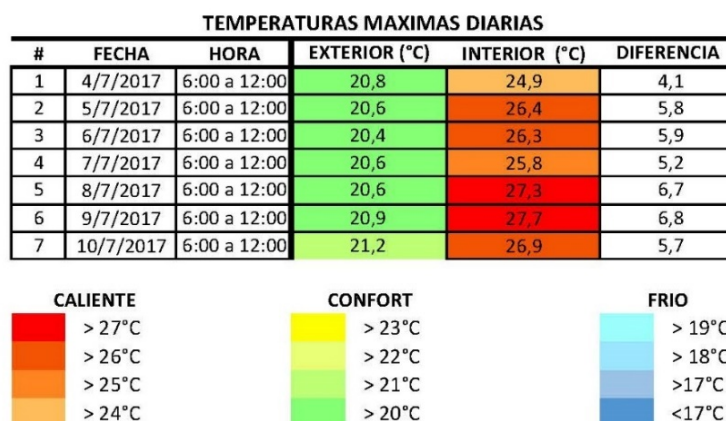
En la semana entre el 4 al 10 de julio, la temperatura exterior máxima se mantiene en el rango de confort durante las 6 a.m. y 12 p.m.; mientras que al interior la temperatura se incrementa llegando a alcanzar un máximo de 27.7°C.

Lo que evidencia que las condiciones interiores son inadecuadas, y al no poder abrir las ventanas por ser fijas, carecen de circulación de aire al interior, generándose riesgo de estrés térmico al alcanzar temperaturas mayores a 27°C.

Al trabajar en condiciones de estrés térmico por calor, el cuerpo de la persona se altera, impulsando los mecanismos fisiológicos como sudoración y vasodilatación.

Además, provoca un incremento de probabilidad de que se produzcan accidentes en el trabajo, bajo rendimiento, agotamiento por calor, deshidratación, calambres y aumento de dolencias previas. (Armendariz Pérez de Ciriza, 2014)

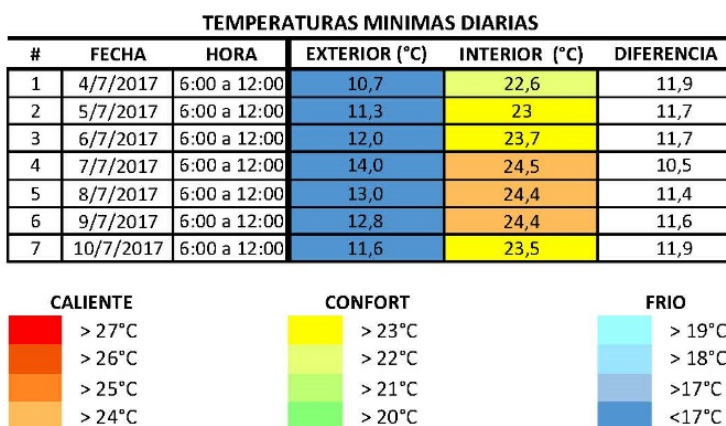
Figura 22



Montenegro G. (2017). Temperaturas máximas diarias de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, con base a mediciones realizadas al interior (HOBOS) y exterior tomado de INAMHI 2017.

En la semana analizada, la temperatura mínima exterior se mantiene menor a los 17°C, mientras que al interior cuatro días se mantiene en confort y los días restantes la temperatura se eleva hasta alcanzar 24.5°C. Este comportamiento se repite debido a la carencia de ventilación interior y a que los materiales utilizados, no son los adecuados para el uso que tienen los espacios.

Figura 23



Montenegro G. (2017). Temperaturas mínimas diarias de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, con base a mediciones realizadas al interior (HOBOS) y exterior tomado de INAMHI 2017.

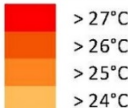


La temperatura exterior promedio de la semana analizada en la oficina tipo del Ministerio de Finanzas es de 16.6 °C, mientras que la temperatura interior promedio es de 25.1°C, que sobrepasa la temperatura de confort.

En la semana analizada a excepción de un día, la temperatura interior oscila entre 24.8 °C hasta 26°C, superando el confort. Cabe recordar que la fachada no dispone de protecciones contra la radiación, siendo una de las posibles causas que provoca este fenómeno.

Figura 24

TEMPERATURAS PROMEDIO DIARIAS

#	FECHA	HORA	EXTERIOR (°C)	INTERIOR (°C)	DIFERENCIA
1	4/7/2017	6:00 a 12:00	15,5	23,7	8,2
2	5/7/2017	6:00 a 12:00	16,5	25,0	8,5
3	6/7/2017	6:00 a 12:00	17,0	24,8	7,8
4	7/7/2017	6:00 a 12:00	17,3	25,1	7,7
5	8/7/2017	6:00 a 12:00	16,9	25,9	9,0
6	9/7/2017	6:00 a 12:00	17,0	26,0	9,0
7	10/7/2017	6:00 a 12:00	16,0	25,5	9,5

CALIENTE	CONFORT	FRIO
		
> 27°C	> 23°C	> 19°C
> 26°C	> 22°C	> 18°C
> 25°C	> 21°C	> 17°C
> 24°C	> 20°C	< 17°C

Montenegro G. (2017). Temperaturas promedio diarias de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, con base a mediciones realizadas al interior (HOBOS) y exterior tomado de INAMHI 2017.

2.9. Cálculo de Ganancias y Pérdidas de la oficina tipo

Las condiciones térmicas de una edificación dependen del volumen de pérdidas y ganancias de calor que se tenga en un momento determinado. “*El edificio tenderá a calentarse cuando las ganancias de calor superen a las pérdidas, y a enfriarse en la situación contraria*”. (Lloberas, Toigo, & Lombardi, 2013)

El objetivo del cálculo de ganancias y pérdidas de la oficina tipo, posterior al análisis de asoleamiento y temperatura interior, es conocer las causas de la elevada temperatura al interior de la edificación y en base a los resultados obtenidos proponer estrategias para climatizar dicho espacio y llegar a la temperatura de confort.

Los análisis a realizar son:

- Ganancias internas
- Ganancias solares
- Ganancias o pérdidas por conducción.
- Pérdidas por infiltraciones de aire

Detalle del espacio

En el espacio de estudio trabajan 16 personas y la actividad predominante de los usuarios, son actividades de oficina, escribir a máquina.

Los materiales predominantes de la envolvente son:

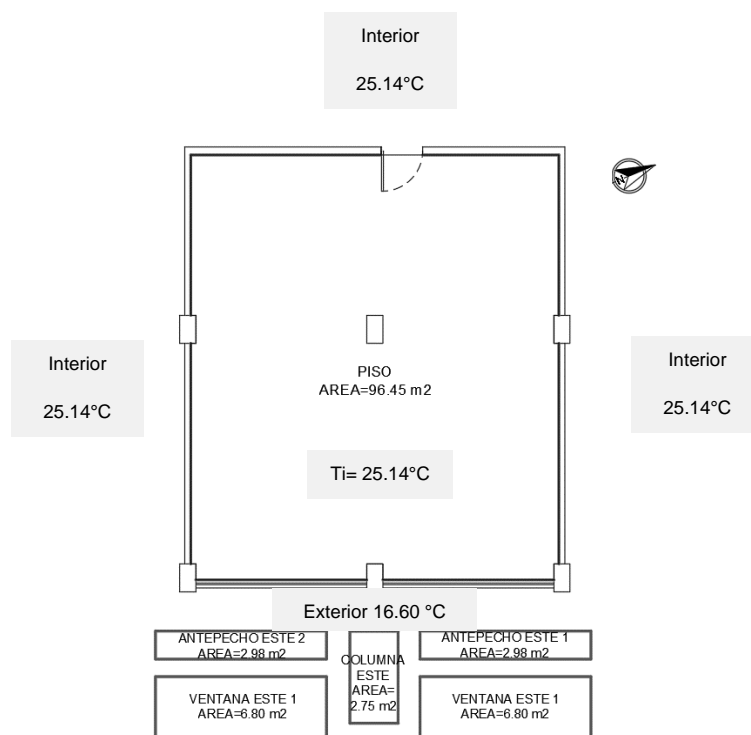
- Paredes interiores que separan espacios de bloque con estuco, 10 cm de espesor.
- Paredes exteriores de bloque con estuco, 20 cm de espesor

- Techo de hormigón armado
- Acabado de piso con piso flotante
- Ventana de vidrio claro de 6 mm
- Puerta de madera

Los equipos y luminarias se considerarán las cuatro horas de análisis del espacio en uso. Las luminarias son encendidas debido que, las cortinas interiores son cerradas para evitar el asoleamiento directo y el deslumbramiento en los espacios de trabajo. Las computadoras e impresoras se encuentran encendidas por las tareas realizadas por los usuarios.

- 8 luminarias de 60 W
- 16 computadoras
- 8 impresoras

Figura 25

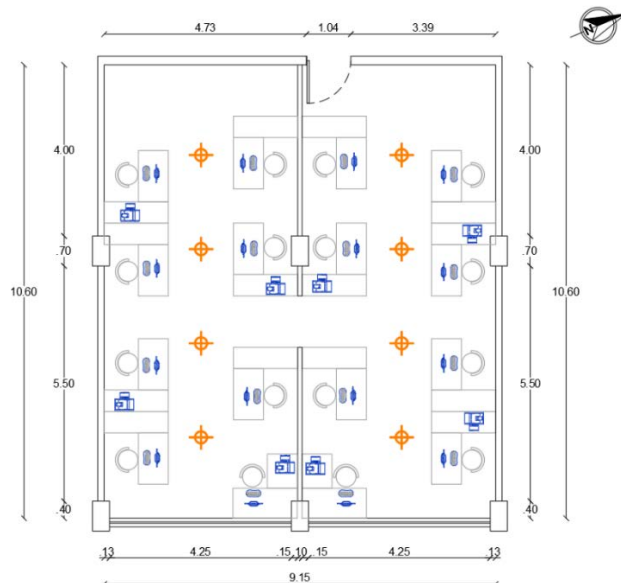


Montenegro G. (2017). Equipos y luminarias en la oficina tipo, Ministerio de Finanzas.
Recuperado de: Elaboración propia mediante levantamiento planimétrico, AutoCAD 2017.

La temperatura interior y exterior promedio, registrada entre las 6:00 a.m. a 12:00 p.m. durante la semana del 4 al 10 de julio en la oficina tipo, es la siguiente:

- Temperatura Interior (T_i)= 25.14 °C o 298.29 °K
- Temperatura Exterior (T_e)= 16.60 °C o 289.75 °K

Figura 26



Montenegro G. (2017). Equipos y luminarias en la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia mediante levantamiento planimétrico, AutoCAD 2018.

2.9.1. Ganancias Internas

Las ganancias internas se calcularán para conocer el aporte de energía calorífica de las personas y equipos en la oficina tipo y su influencia con la temperatura interior. El cálculo se analizó tomando en cuenta los equipos y las personas que se encontraban al momento de realizar el estudio en la oficina.

El cálculo se obtiene mediante sumatoria de las personas (según el tipo de actividad que realicen) y la sumatoria de los equipos con su respectiva potencia.

Tabla 5

ACTIVIDAD / EQUIPOS	W/m ²	POTENCIA (W)
Persona		
Actividades de oficina, escribir a máquina	65	
Equipo		
Luminarias		60
Computadoras		150
Impresoras		370

Montenegro G. (2017). Nivel metabólico y potencia de equipos de la oficina tipo. Recuperado de: Elaboración propia, apéndice C, Tabla de niveles metabólicos, (Kvisgaard & Martín Monroy, 2000)

CALCULO

$$Q_i = \Sigma \text{equipos} + \text{personas}$$

$$Q_i = (8 \times 60 \text{ W}) + (16 \times 150 \text{ W}) + (8 \times 370) + (16 \times 65 \text{ W})$$

$$Q_i = 480 \text{ W} + 2400 \text{ W} + 2960 \text{ W} + 1040 \text{ W}$$

$$Q_i = 6880 \text{ W}$$

2.9.2. Ganancias o pérdidas por conducción

Se calculará para conocer la cantidad de calor transmitido al interior de la edificación, desde la superficie externa la cual ha sido sometida a la radiación solar. Y determinar si las ganancias por conducción son las que producen un incremento de temperatura al interior de la oficina tipo.

El cálculo se obtiene determinando el tipo de material constructivo interior y su área. Y mediante tablas conocer los valores de transmitancia térmica (U) de cada material. Mientras que las temperaturas interior y exterior son promedio, de las temperaturas tomadas en sitio durante la semana del 4 al 10 de julio.

Cabe recalcar que la oficina de estudio tiene solo su fachada este hacia el exterior, mientras que sus paredes, piso y cubierta colindan con espacios interiores, mismos que serán asumidos con la misma temperatura del espacio de estudio.

Siendo esta la razón, por la que los envolventes de la oficina tipo que colindan con espacios interiores, no serán calculados en la fórmula de ganancias o pérdidas por conducción.

FORMULA

$$Q_c = U A \Delta T$$

U= Transmitancia térmica (W/m²K)

A= Área de la superficie del elemento de la envolvente (m²)

ΔT = Diferencia de temperatura interior – exterior (°K)

Tabla 6

Elemento constructivo	Transmitancia Térmica, U
	W/m ² K
Pared de bloque con estuco interior	3,00
Piso flotante de 8 mm	3.33
Vidrio claro de 6mm	5.26
Puerta de madera dura de 4 cm de espesor	2.20
Losa alivinada de hormigón	3.00

Montenegro G. (2017). Tabla de transmitancia térmica de elementos constructivos de la oficina tipo.
Recuperado de: Elaboración propia, apéndice C, Valores de transmitancia, (Varas Madrid, 2009)

CALCULO

$$Q_c = U A \Delta T$$

$$Q_c = \left[3 \frac{W}{m^2 K} * (2.98 m^2 + 2.98 m^2) + 3 \frac{W}{m^2 K} (2.75 m^2) + 5.26 \frac{W}{m^2 K} (6.80 m^2 + 6.80 m^2) \right] * (289.75^\circ K - 298.29^\circ K)$$

$$Q_c = \left[\left(3 \frac{W}{m^2 K} * 5.96 m^2 \right) + \left(3 \frac{W}{m^2 K} * 2.75 m^2 \right) + \left(5.26 \frac{W}{m^2 K} * 13.60 m^2 \right) \right] * (-8.54^\circ K)$$

$$Q_c = \left(17.88 \frac{W}{K} + 8.25 \frac{W}{K} + 71.54 \frac{W}{K} \right) * (-8.54^\circ K)$$

$$Q_c = 97.67 \frac{W}{K} * (-8.54^\circ K)$$

$$Q_c = -834.10 W$$

2.9.3. Ganancias solares

La radiación solar que incide sobre una edificación, puede generar ganancias de calor en el interior de los espacios e incrementar su temperatura. Se calculará la ganancia solar directa que ocurre a través del vidrio ubicado en la fachada este.

Cabe recordar que el vidrio es claro de 6 mm, cuyo coeficiente de ganancia de calor solar es 0.83. Ver anexo # 3

El valor de la radiación del edificio de estudio se tomará del resultado emitido por el programa Heliodon 2, del solsticio de invierno entre las 6:00 a.m a 12:00 p.m. Siendo el valor de 1.90 Kwh/m² = 1900 Wh/m².

FORMULA

$$Q_s = G A f_{gs}$$

G= Radiación solar incidente en la ventana especificada (W/m²)

A= Área de la superficie de la ventana (m²)

f_{gs}= Factor de ganancia solar en función de la ventana

CALCULO

$$Q_s = G A f_{gs}$$

$$Q_s = (1900 Wh / m^2 * 4 horas) * (6.80 m^2 + 6.80 m^2) * (0.83)$$

$$Q_s = 7600 W / m^2 * 13.60 m^2 * 0.83$$

$$Q_s = 85.788,80 W$$

2.9.4. Pérdidas por infiltraciones de aire

En la fachada este de la oficina de estudio, no se aprecia grietas o aberturas de aire a la vista, tampoco existen ductos de ventilación o de instalaciones. Por lo que no se realizará un cálculo de pérdidas por infiltraciones de aire y se asumirá el valor de 0 W.

SUMA DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS

$$Q_i \pm Q_c + Q_s - Q_{inf}$$

$$6.880,00 \text{ W} - 834,10 \text{ W} + 85.788,80 \text{ W} - 0 \text{ W} = \mathbf{91.834,70 \text{ W}}$$

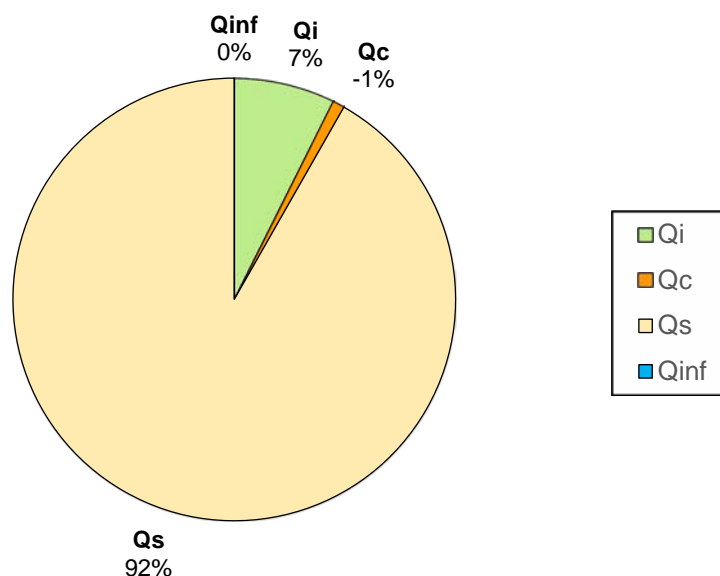
$$7,5\% - 0,9\% + 93,4\% - 0\% = \mathbf{100\%}$$

Area del espacio de estudio: 96,45 m²

Valor de balance térmico: **238,04 W/m²/h**

Figura 27

TOTAL GANANCIAS Y PÉRDIDAS - ESTADO ACTUAL



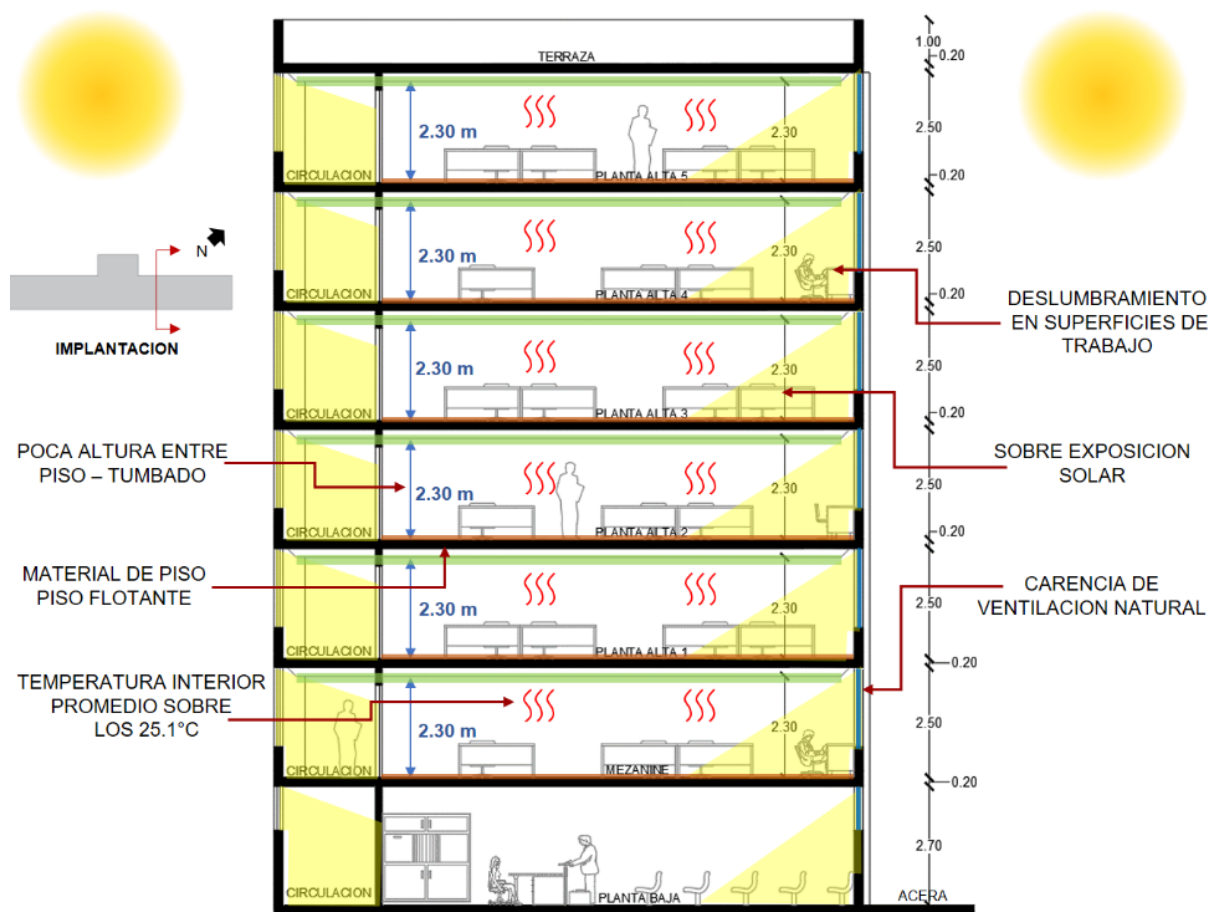
Montenegro G. (2017). Total, ganancias y pérdidas del estado actual. Recuperado de: Elaboración propia.

2.10. Resultados capítulo estado actual

- En el horario de 8:00 a.m a 12:00 p.m en la oficina tipo ubicada en la fachada este, existe un asoleamiento directo de 4,08 metros desde el perímetro de la ventana hacia el interior de la oficina.

- En la oficina tipo, el valor máximo promedio del asoleamiento anual es 2.28 horas, mientras que en el solsticio de invierno (21 de diciembre) es de 2.34 horas. El valor máximo promedio de irradiación anual es 1.64 kWh/m², mientras que en el solsticio de invierno es de 1.90 kWh/m².
- La temperatura máxima registrada en el interior de la oficina tipo en el periodo del 4 al 10 de julio es de 27.7 °C, superando la temperatura de confort y alcanzando el rango de estrés térmico.
- La temperatura promedio diaria en el interior de la oficina tipo fue de 25.1 °C, misma que supera la temperatura de confort, exceptuando el primer día de análisis.

Figura 28



Montenegro G. (2017). Corte A – A' del edificio del Ministerio de Finanzas, detalle problemas de confort interior y características del espacio. Recuperado de: Elaboración propia, Autodesk AutoCAD 2017.

- Las temperaturas mínimas alcanzadas al interior de la oficina fueron la mitad entre 22.6 °C y 23°C encontrándose en el rango de confort; mientras que las temperaturas restantes se registraron alrededor de 24.4°C, mismas que superaron la temperatura de confort.
- El resultado de la suma de ganancias y pérdidas de calor en el interior de la oficina tipo es de 91834,70 W. El parámetro preponderante son las ganancias por radiación que equivalen al 93,4%, consecutivamente las ganancias internas con un 7,5 % y pérdidas por conducción en un -0.9%.

2.11. Conclusiones estado actual

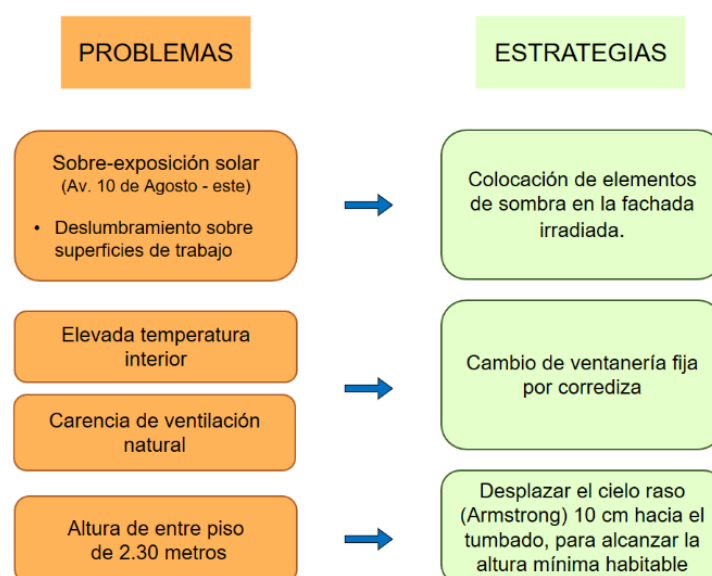
- Debido al asoleamiento interior en la oficina tipo y el tiempo de incidencia sobre las superficies de trabajo, se produce deslumbramiento para los usuarios. Actualmente se mantienen cerradas las persianas interiores lo que evita el paso de la radiación y la iluminación natural.
- Del total de temperaturas registradas al interior de la oficina tipo, el 82% superan la temperatura de confort y de este porcentaje el 7.5% se encuentran sobre los 27°C provocando estrés térmico a sus usuarios.
- No se realizó el cálculo de perdidas por ventilación en la oficina tipo, ya que las ventanas son fijas y no existe ninguna apertura para que se produzca la renovación de aire.
- La energía calorífica de personas, los equipos en uso, el aporte de calor por radiación solar y los materiales utilizados como revestimiento interior, provocan el incremento de la temperatura interior.
- Los usuarios en el interior del espacio no se encuentran en confort térmico, por lo que se debe disminuir la temperatura interior, utilizando estrategias bioclimáticas y elementos de sombra en fachadas.

CAPITULO 3. PROPUESTA – EDIFICIO MINISTERIO DE FINANZAS

3.1. Propuesta de estrategias

Según los problemas identificados en el edificio del Ministerio de Finanzas detallados en el capítulo 2; se plantea estrategias bioclimáticas y de tipo pasivo para alcanzar la temperatura de confort interior y que sus usuarios mejoren su calidad de vida. Mismas estrategias que se detallan a continuación, serán solventadas y comprobadas.

Figura 29



Montenegro G. (2017). Tabla de problemas y estrategias planteadas para el edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia.

3.2. Aplicación de estrategias planteadas

3.2.1. Colocación de elementos de sombra en fachada este

En la fachada frontal hacia la Avenida 10 de agosto, se identificó mediante la simulación y análisis del edificio que existe irradiación directa sobre esta fachada y sus espacios interiores con un valor de 1.64 kWh/m². Por el tiempo de asoleamiento e irradiación directa al interior, se produce deslumbramiento sobre las superficies de trabajo.

Para reducir el asoleamiento directo al interior del edificio de estudio, se propone la colocación de elementos de sombra al exterior de la fachada frontal (este). Se ha decido colocar dispositivos móviles para poder ser regulados según el asoleamiento anual.

Se plantea realizar el análisis de lamas ajustables tanto en posición vertical y horizontal sobre la fachada este del Ministerio de Finanzas, las dos opciones mencionadas serán simuladas

en el programa Heliodon 2, para conocer el porcentaje de disminución de asoleamiento e irradiación en la oficina tipo. Los valores obtenidos de la simulación de ambas propuestas serán tomados para realizar el cálculo de pérdidas y ganancias, y evaluar la opción idónea.

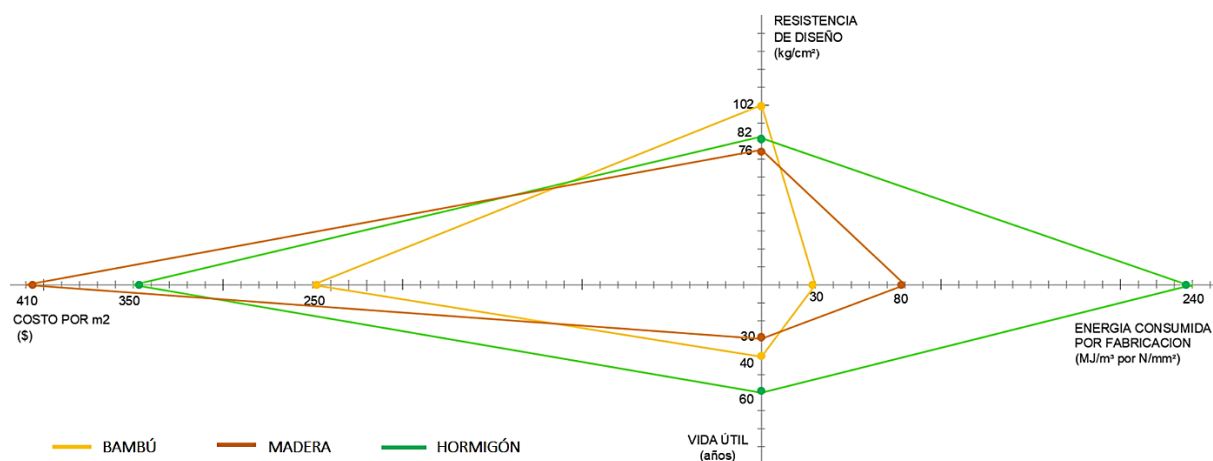
3.2.1.1. Propuesta elementos de sombra verticales

El dispositivo ajustable a implementarse en el edificio del Ministerio de Finanzas como propuesta uno, será lamas colocadas en posición vertical sobre los vanos de las ventanas.

Material de elementos de sombra

Se utilizará como material de los elementos de sombra bambú, por ser auto renovable, su ciclo de corte es entre tres y siete años comparando con árboles que tardan entre treinta y sesenta años para ser talados, posee una mayor resistencia que la madera, tiene un bajo costo, su textura facilita su división en piezas cortas y la energía consumida para su fabricación es inferior al hormigón, acero y madera. (UCSG - SENESCYT, 2013)

Figura 30

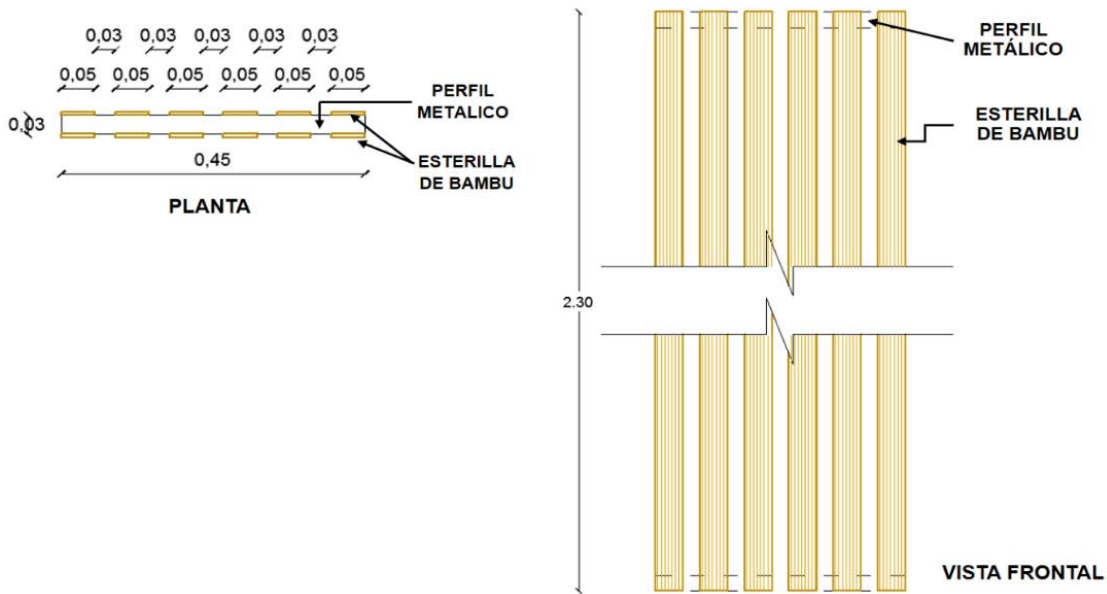


Montenegro G. (2017). Energía consumida por fabricación de materiales. Recuperado de: Elaboración propia, http://www.iner.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/05/11_UCSG_Eco-materiales-para-la-construcci%C3%B3n_Jorge_Moran.pdf

Las dimensiones de las lamas verticales serán 45 cm de ancho, 3 cm de profundidad y 2.30 m de largo; tendrán una rotación en planta de 22° en dirección noreste y una separación entre ellas de 55 cm entre ejes.

Cada lama estará compuesta por seis esterillas de bambú verticales, con la dimensión de 5 cm de ancho y 2.30 cm de largo y separadas entre sí, con una distancia de 3 cm. Esta conformación de esterillas será propuesta en ambos lados y sujetas por un perfil metálico de 3 x 3 cm.

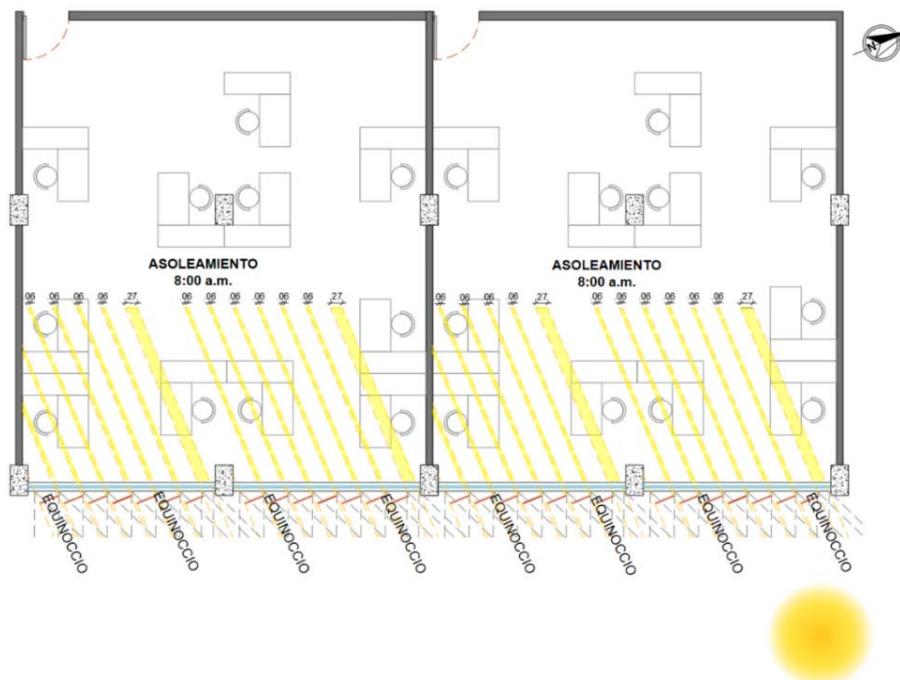
Figura 31



Montenegro G. (2017). Diseño y detalle de lamas verticales. Recuperado de: Elaboración propia.

Estas características se han definido para cubrir y proporcionar sombra al interior de los espacios, entre el periodo del equinoccio del 21 de septiembre y el equinoccio del 21 de marzo. Debido a que la fachada frontal se encuentra en dirección sur y el asoleamiento del 21 de diciembre tiene una mayor incidencia sobre ésta. Además, en este periodo se evidencia temperaturas exteriores elevadas registradas según el INAMHI, en su estación meteorológica M0024.

Figura 32

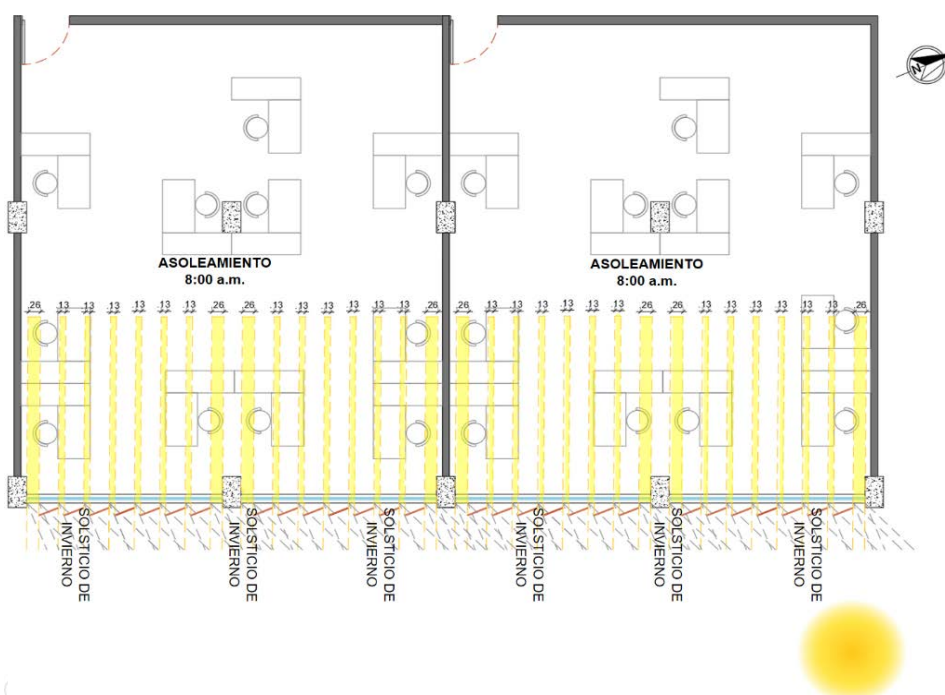


Montenegro G. (2017). Asoleamiento en la fachada frontal del Edificio del Ministerio de Finanzas en el equinoccio. Recuperado de: Elaboración propia, levantamiento en sitio.

Colocando las lamas en el ángulo de 22° en dirección noreste, se ha realizado la proyección de la irradiación solar en el equinoccio, dando como resultado una disminución del 39% del asoleamiento directo en los espacios interiores y un ingreso de radiación directa entre lamas de 6 cm y el más desfavorable de 27 cm.

Mientras que al tener las lamas en el ángulo de 22° en dirección noreste, en el solsticio de invierno (21 de diciembre), se tiene como resultado una disminución del 41% del asoleamiento directo en los espacios interiores y un ingreso de radiación directa entre lamas de 13 cm y el más desfavorable de 26 cm.

Figura 33

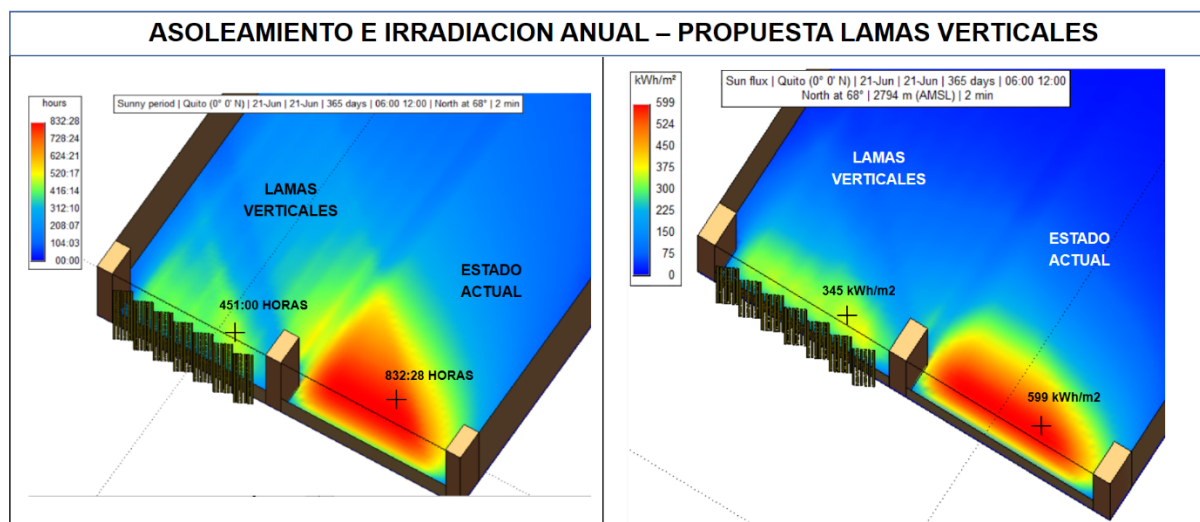


Montenegro G. (2017). Asoleamiento en la fachada frontal del Edificio del Ministerio de Finanzas en el solsticio de invierno. Recuperado de: Elaboración propia, levantamiento in situ.

En la simulación anual de la oficina tipo, se aprecia los dos escenarios, uno sin ningún elemento de sombra y otro con la colocación de lamas verticales, dando como resultado en este último un decrecimiento de horas de asoleamiento de un 45.8%; y una disminución de irradiación del 42.4%.

El valor máximo de asoleamiento anual en horas, en el espacio con los elementos de sombra es de 451:00, mientras que el valor máximo de irradiación anual es de 345 Kwh/m².

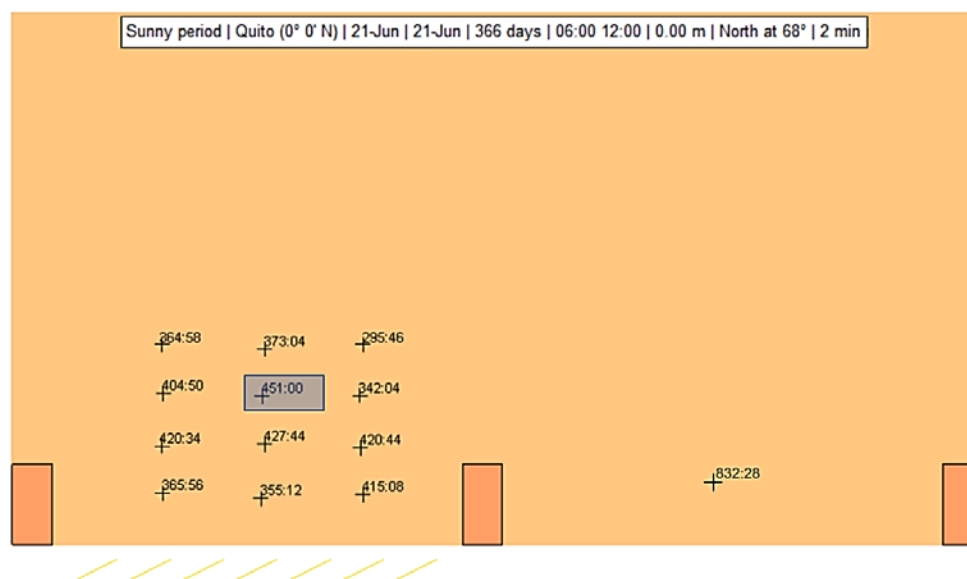
Figura 34



Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación anual en la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

En el espacio con elementos de sombra, se obtuvo valores de horas de asoleamiento en varios puntos para determinar los máximos y mínimos según su ubicación.

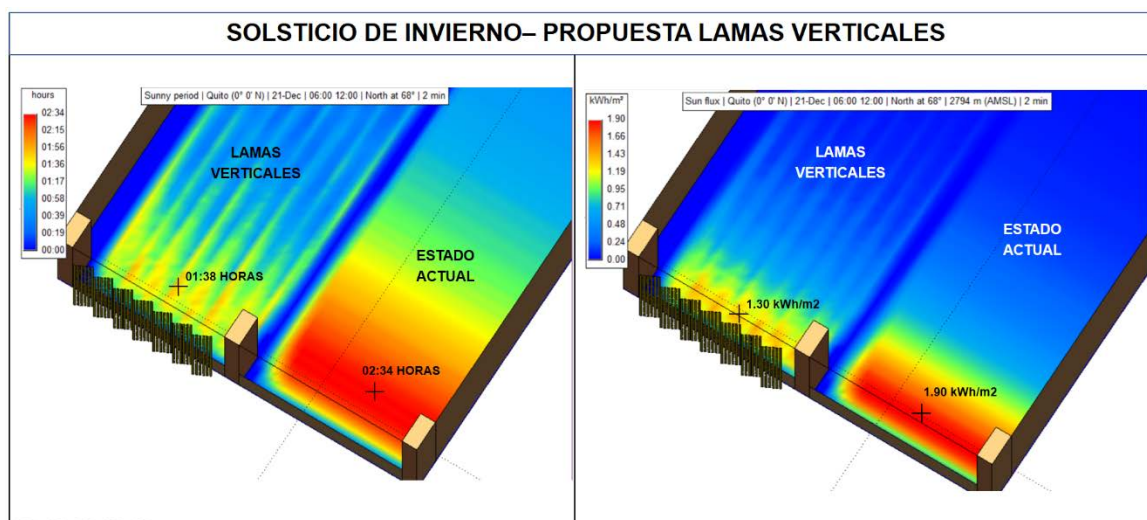
Figura 35



Montenegro G. (2017). Valores de asoleamiento anual en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

En la modelación de la oficina tipo en el solsticio de invierno (21 de diciembre), se contemplan los dos ambientes con elementos de sombra y vanos vacíos, se aprecia el decrecimiento de las horas de asoleamiento e irradiación sobre los espacios interiores, en 41% y 31.5% respectivamente.

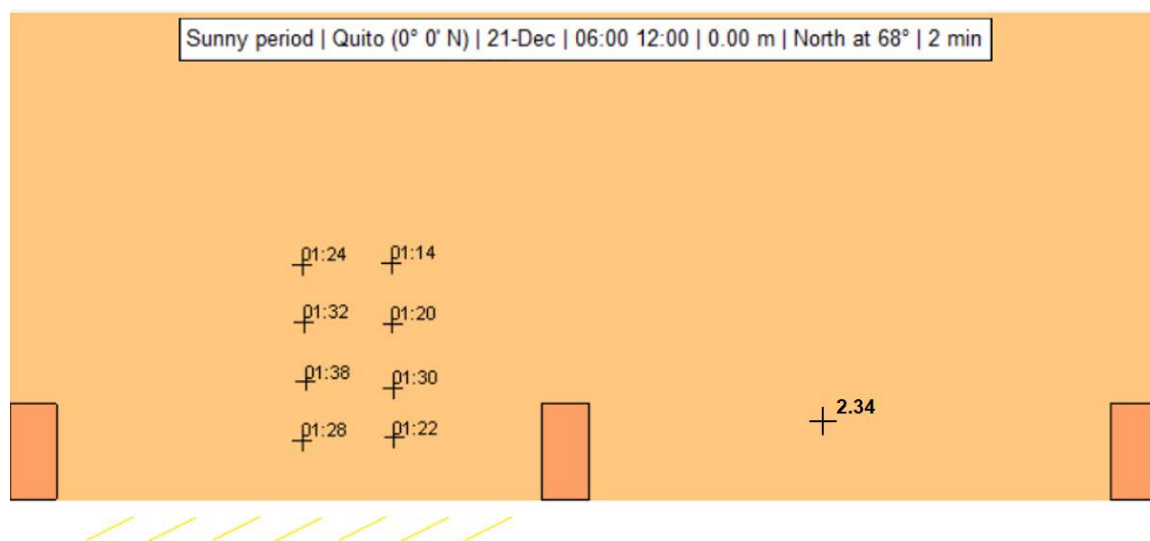
Figura 36



Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación en el solsticio de invierno en la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

También se obtuvo valores de asoleamiento al interior del espacio con elementos de sombra, para determinar los puntos máximos y mínimos de asoleamiento, según su ubicación.

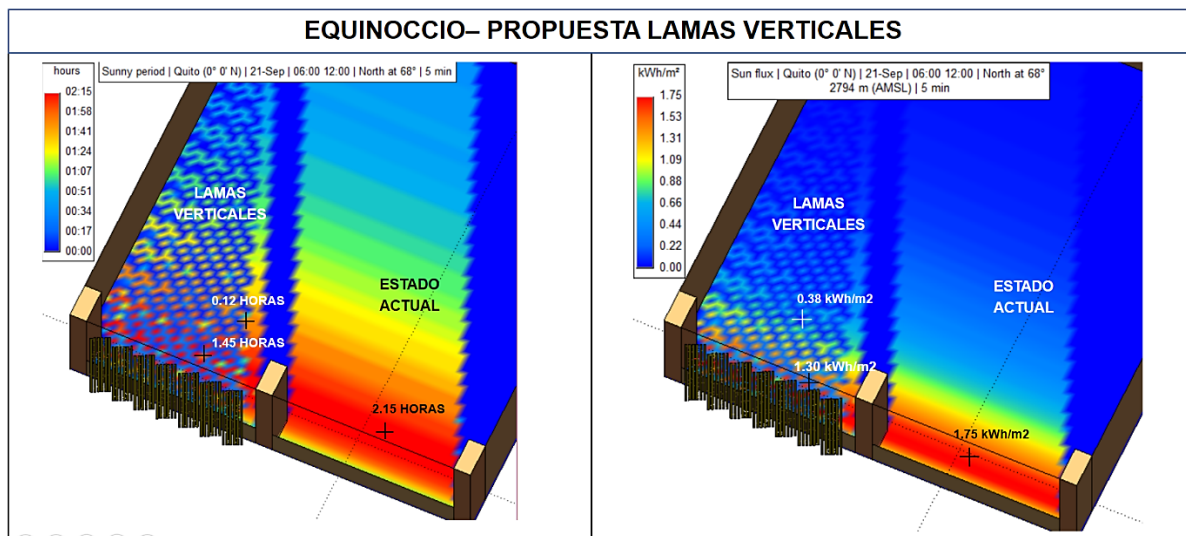
Figura 37



Montenegro G. (2017). Valores de asoleamiento en el solsticio de invierno en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

Al realizar la simulación de la oficina tipo en el programa Heliodon 2, en el espacio con los elementos de sombra verticales se aprecia una malla generada por el asoleamiento en el equinoccio misma que reduce de manera significativa las horas de asoleamiento e irradiación directa en los espacios interiores en un 39%.

Figura 38



Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación en el equinoccio en la planta de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

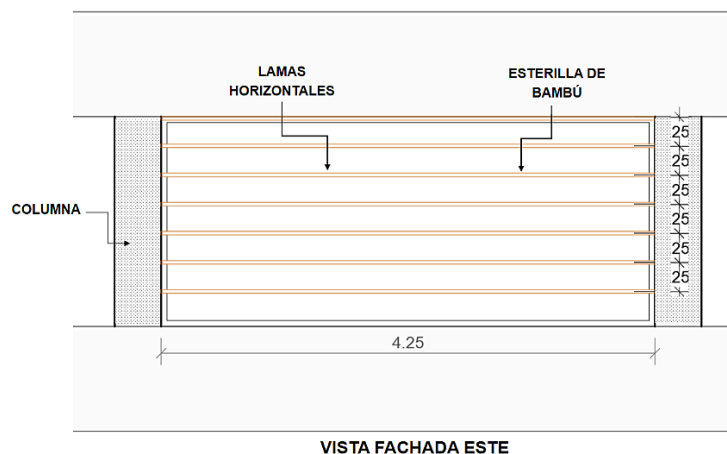
3.2.1.2. Propuesta de elementos de sombra horizontales en fachada este

El dispositivo ajustable a implementarse en el edificio del Ministerio de Finanzas como propuesta dos, será lamas colocadas en posición horizontal sobre los vanos de las ventanas.

El material a emplearse es esterilla de bambú, mismo que estará sujeto a un perfil metálico, el motivo del empleo del bambú para las lamas horizontales se indica en el capítulo previo.

Las dimensiones de las lamas horizontales serán 4.25 metros de largo y 15 centímetros de ancho. Los elementos de sombra serán distribuidos de manera perpendicular en las ventanas y estarán separadas 25 centímetros en ellas. Cada ventana hacia la fachada este, tiene la misma dimensión y se colocará siete lamas horizontales sobre ésta.

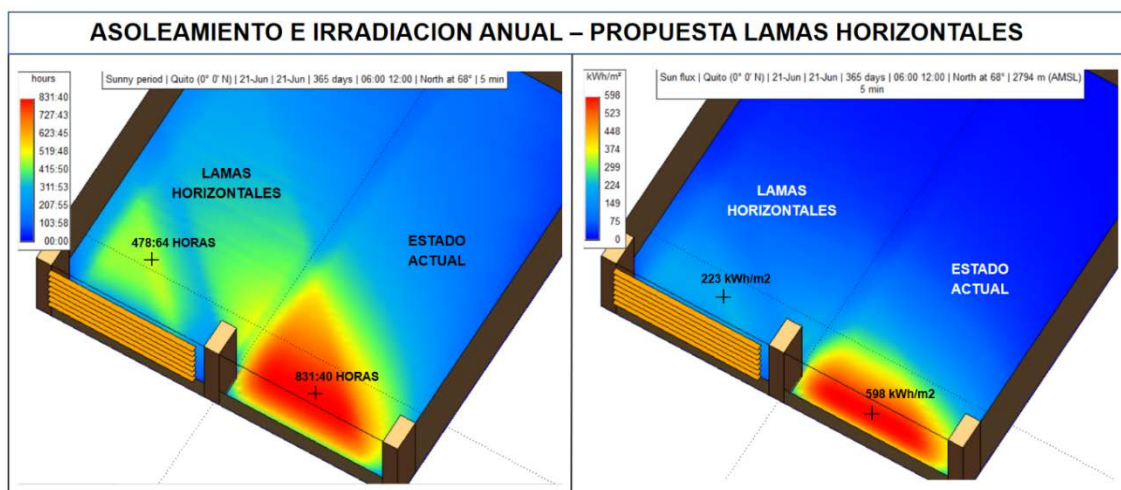
Figura 39



Montenegro G. (2017). Vista frontal de ventana en la fachada este, con implementación de lamas horizontales. Recuperado de: Elaboración propia, AutoCAD 2017

Las características de las lamas horizontales se han definido para proporcionar sombra al interior y disminuir la radiación directa en las superficies de trabajo, en especial entre el equinoccio del 21 de septiembre y el equinoccio del 21 de marzo.

Figura 40

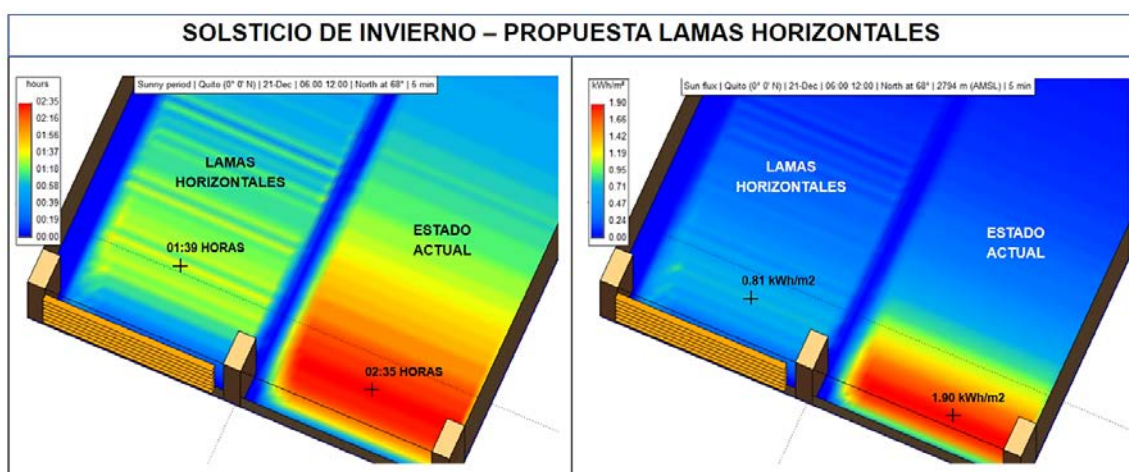


Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación anual en la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

Al realizar la simulación anual de la oficina tipo con la propuesta de lamas horizontales en el programa Heliodon 2, se evidencia un decrecimiento con relación al estado actual, de asoleamiento en horas en un 42,43% e irradiación en un 62,71%.

El valor más alto de horas de asoleamiento anual con el uso de elementos de sombra horizontales es de 478:64 horas y de irradiación 223 kWh/m². El valor promedio diario de asoleamiento es 1.31 horas y una irradiación de 0,61 kWh/m². (Ver figura 37)

Figura 41

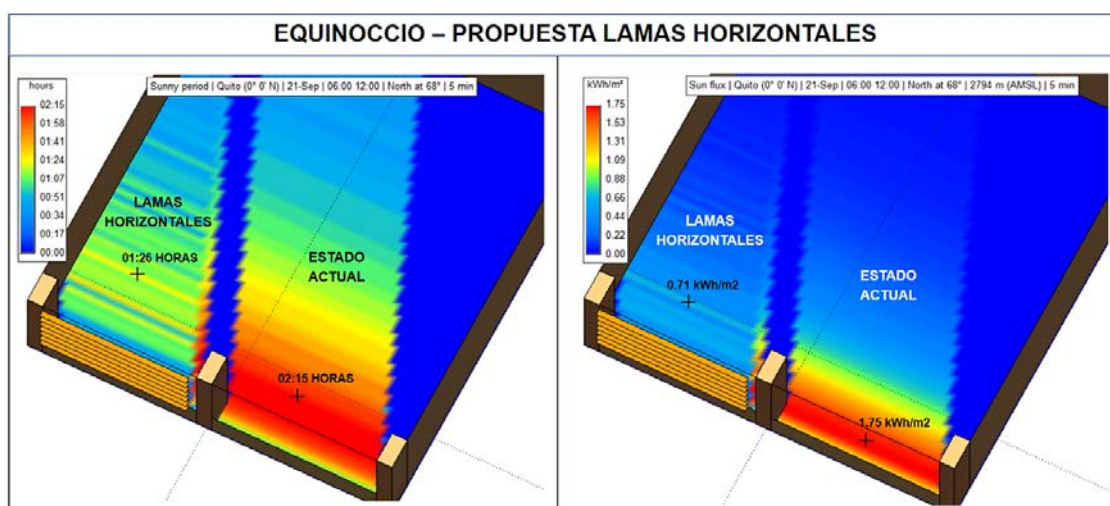


Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación en el solsticio de invierno de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

En la modelación de la oficina tipo con el uso de lamas horizontales, en el solsticio de invierno (21 de diciembre), se contemplan los dos ambientes, uno con elementos de sombra y vanos vacíos sin ninguna protección. Se aprecia el decrecimiento en relación al estado actual de las horas de asoleamiento e irradiación en los espacios interiores, en 40,85% y 57,36% respectivamente. (Ver figura 38).

Al realizar la simulación de la oficina tipo en el programa Heliodon 2, con los elementos de sombra propuestos en el equinoccio, se analizó los dos ambientes con y sin lamas horizontales. Se registra una disminución de asoleamiento e irradiación con respecto al estado actual donde se carece de elementos de sombra, siendo un 41,39% de asoleamiento en horas y un 59,43% de irradiación. Ver figura 39.

Figura 42



Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación en el equinoccio de la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

3.2.2. Cálculo de Ganancias y Pérdidas con los elementos de sombra

Para mejorar las condiciones interiores y generar confort en la oficina tipo, se plantea aplicar tres estrategias: cambio de ventanería fija por móvil para lograr ventilación y renovación de aire, desplazar el cielo raso (Armstrong) para alcanzar la altura de entepiso mínima de habitabilidad y la colocación de elementos de sombra.

Con el fin de obtener resultados comparables con los elementos constructivos actuales, se realizará cálculo de ganancias en la oficina tipo. Además, se realizará el cálculo de ganancias solares, para conocer los efectos de la colocación de elementos de sombra en la fachada este.

Los análisis que se realizarán son:

- Ganancias internas
- Ganancias o pérdidas por conducción
- Ganancias o pérdidas por ventilación
- Ganancias solares

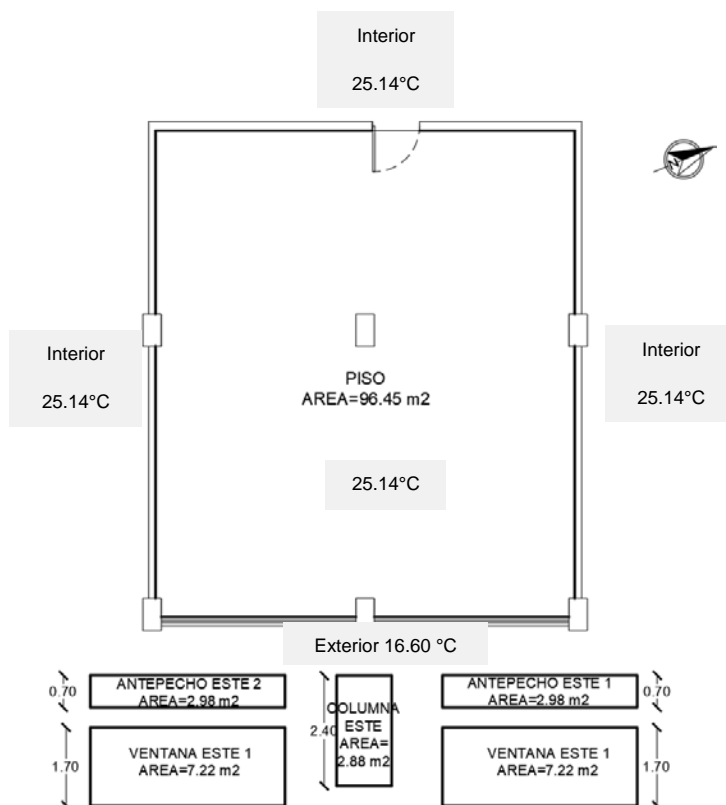
Detalle del espacio

- Incremento de altura entrepiso de 2.30 m a 2.40 m, por desplazamiento del cielo raso.
- Apertura de ventanas que generar ventilación cruzada en el espacio interior
- Colocación de elementos de sombra (horizontal y vertical) se realizará el cálculo con los valores obtenidos en ambas propuestas.

Para los cálculos de ganancias se utilizará las temperaturas registradas en sitio, durante la semana del 4 al 10 de julio, entre las 6:00 a.m a 12:00 pm.

- Temperatura Interior (T_i)= 25.14 °C o 298.29 °K
- Temperatura Exterior (T_e)= 16.60 °C o 289.75 °K

Figura 43



Montenegro G. (2017). Despiece de la propuesta de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia mediante levantamiento planimétrico, AutoCAD 2017.

3.2.2.1. Ganancias internas – propuesta

Al no existir un incremento o disminución de usuarios y equipos en la oficina tipo, se conservará el valor obtenido en el estado actual para el análisis de la propuesta.

Qi= 6880 W

3.2.2.2. Ganancias por conducción – propuesta

Se realizará el cálculo para determinar si las ganancias transferidas de la radiación solar hacia el interior de la oficina tipo con los elementos propuestos, disminuyen el valor de las ganancias por conducción y para determinar que, los elementos constructivos influyen en el incremento de la temperatura interior.

Para el cálculo del elemento vidrio claro de 6 mm, se tomará en cuenta la reducción del asoleamiento directo sobre la ventana, que se obtuvo por medio de la colocación de lamas verticales y horizontales en la fachada este y que se modeló en el programa Heliodon 2.

Los valores a emplearse para las dos propuestas de elementos de sombra son:

- Elementos de sombra verticales 45,80% de reducción de asoleamiento
- Elementos de sombra horizontales 42,43% de reducción de asoleamiento

Tomando en cuenta esta premisa, se trabajará con dos valores de transmitancia térmica para el elemento indicado y de la superficie total de la ventana se calculará con el porcentaje de asoleamiento antes mencionado.

Como se mencionó en el capítulo anterior, la oficina de estudio tiene solo su fachada este hacia el exterior, mientras que sus paredes, piso y cubierta colindan con espacios interiores, mismos que serán asumidos con la misma temperatura del espacio de estudio.

Siendo esta la razón, por la que los envolventes de la oficina tipo que colindan con espacios interiores, no serán calculados en la fórmula de ganancias o pérdidas por conducción.

$$Q_c = U A \Delta T$$

U= Transmitancia térmica (W/m²K)

A= Área de la superficie del elemento de la envolvente (m²)

ΔT = Diferencia de temperatura interior – exterior (°K)

Tabla 7

Elemento constructivo	Transmitancia Térmica, U
	W/m ² K
Pared de bloque con estuco interior	3,00
Vidrio claro de 6mm - Superficie irradiada	5,26
Vidrio claro de 6mm - Superficie en sombra (lamas verticales)	2,41
Vidrio claro de 6mm - Superficie en sombra (lamas horizontales)	2,23
Columna de hormigón	3.00

Montenegro G. (2017). Tabla de transmitancia térmica de elementos constructivos con los elementos propuestos - oficina tipo. Recuperado de: Elaboración propia, apéndice C, Valores de transmitancia, (Varas Madrid, 2009)

LAMAS VERTICALES

$$Q_c = U A \Delta T$$

$$Q_c = \left[3 \frac{W}{m^2 K} * (5.96 m^2) + \left(3 \frac{W}{m^2 K} * 2.88 m^2 \right) + \left(2.41 \frac{W}{m^2 K} * 14.44 m^2 \right) \right] * (289.75^\circ K - 298.29^\circ K)$$

$$Q_c = (61.32 \frac{W}{^\circ K}) * (-8,54^\circ K)$$

$$Q_c = - 523,67 W$$

LAMAS HORIZONTALES

$$Q_c = U A \Delta T$$

$$Q_c = \left[3 \frac{W}{m^2 K} * (5.96 m^2) + \left(3 \frac{W}{m^2 K} * 2.88 m^2 \right) + \left(2.23 \frac{W}{m^2 K} * 14.44 m^2 \right) \right] * (289.75^\circ K - 298.29^\circ K)$$

$$Q_c = (58.72 \frac{W}{^\circ K}) * (-8,54^\circ K)$$

$$Q_c = - 501,48 W$$

3.2.2.3. Pérdidas por ventilación - propuesta

Al plantear la apertura de los vanos de las ventanas en la fachada este, se generarán pérdidas por ventilación, mismas que ocurren cuando el aire exterior reemplaza al aire interior de la oficina tipo.

Las renovaciones de aire adecuadas para el espacio de oficinas son de entre 4 a 8 según la norma DIN, ya que la normativa INEN solo propone la mínima cantidad de aire fresco recomendada. Se calculará con 4 renovaciones de aire el espacio de estudio, siendo el promedio de la norma.

FORMULA

$$Q_v = 0.33 N V \Delta T$$

0.33 = Capacidad volumétrica del aire en retener calor

N = Renovaciones de aire en el espacio de estudio

V = Volumen del espacio de estudio (m³)

ΔT= Diferencia de temperatura interior – exterior (°K)

CALCULO

$$Q_v = 0.33 N V \Delta T$$

$$Q_v = 0.33 * 4 * 241.12 \text{ m}^3 * (289.75^\circ\text{K} - 298.29^\circ\text{K})$$

$$Q_v = 0.33 * 4 * 241.12 \text{ m}^3 * (-8.54^\circ\text{K})$$

$$Q_v = -2.718,10 \text{ W}$$

3.2.2.4. Ganancias solares – propuesta

Al aplicar elementos de sombras en la fachada este del edificio del Ministerio de Finanzas, la incidencia de la radiación solar directa disminuye. Por lo que se realizará el cálculo de ganancias solares para conocer el valor y porcentaje de reducción.

Tomando en cuenta que se obtuvo una reducción de incidencia solar directa de 39% en los espacios interiores por medio de la colocación de lamas verticales ubicadas en la fachada y calculado por el programa Heliodon 2, se tomará en cuenta únicamente el área de la ventana irradiada, en un 61% para lamas verticales. Mientras que con lamas horizontales existe una reducción del 47,31% en los espacios interiores, por lo que se tomará el área de la ventana irradiada en un 52.69%

El valor de la radiación del edificio de estudio se tomará del resultado emitido por el programa Heliodon 2, del solsticio de invierno entre las 6:00 a.m a 12:00 p.m. Siendo el valor de 1.90 Kwh/m² = 1900 Wh/m².

FORMULA

$$Q_s = G A f_{gs}$$

G= Radiación solar incidente en la ventana especificada (W/m²)

A= Área de la superficie de la ventana (m²)

F_{gs}= Factor de ganancia solar en función de la ventana

LAMAS VERTICALES

$$Q_s = G A f_{gs}$$

$$Q_s = (1900 \text{ Wh} / \text{m}^2 * 4 \text{ horas}) *$$

$$[(7,65 \text{ m}^2 + 7,65 \text{ m}^2) * 0,61] * (0,83)$$

$$Q_s = 7600 \text{ W/m}^2 * (15,30 \text{ m}^2 * 0,61) * 0,83$$

$$Q_s = 58.872,56 \text{ W}$$

LAMAS HORIZONTALES

$$Q_s = G A f_{gs}$$

$$Q_s = (1900 \text{ Wh} / \text{m}^2 * 4 \text{ horas}) *$$

$$[(7,65 \text{ m}^2 + 7,65 \text{ m}^2) * 0,52] * (0,83)$$

$$Q_s = 7600 \text{ W/m}^2 * (15,30 \text{ m}^2 * 0,52) * 0,83$$

$$Q_s = 50.852,38 \text{ W}$$

- **Suma de pérdidas y ganancias con elementos de sombra verticales**

$$Q_i \pm Q_c + Q_s - Q_v - Q_{inf}$$

$$6.880,00 \text{ W} - 523,67 \text{ W} + 58.872,56 \text{ W} - 2.718,10 \text{ W} - 0 \text{ W} = \mathbf{62.510,79 \text{ W}}$$

$$11\% - 0,8\% + 94\% - 4,3\% - 0\% = \mathbf{100\%}$$

Valor por metro cuadrado por hora = **162,03 W/m²/h**

- **Suma de pérdidas y ganancias con elementos de sombra horizontales**

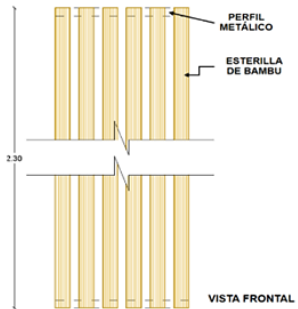
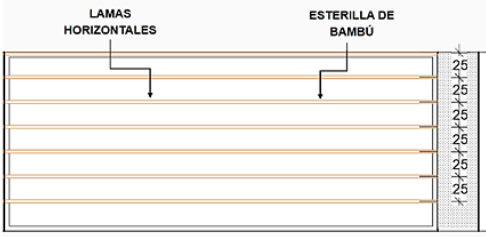
$$Q_i \pm Q_c + Q_s - Q_v - Q_{inf}$$

$$6.880,00 \text{ W} - 501,48 \text{ W} + 50.852,38 \text{ W} - 2.718,10 \text{ W} - 0 \text{ W} = \mathbf{54.512,80 \text{ W}}$$

$$12,6\% - 0,9\% + 93,3\% - 5\% - 0\% = \mathbf{100\%}$$

Valor por metro cuadrado por hora = **141,29 W/m²/h**

Tabla 8

RESULTADOS DE SUMATORIA DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS		
ELEMENTOS DE SOMBRA	SUMA DE GANANCIAS Y PÉRDIDAS	
	Area (96,45 m ²)	Coficiente W/m ² /h
 <p>Elementos de sombra verticales</p>	62510,79 W	162,03 W/m ² /h
 <p>Elementos de sombra horizontales</p>	54512,80 W	141,29 W/m ² /h

Montenegro G. (2018). Tabla de resultados de ganancias y pérdidas con el uso de elementos de sombra.
 Recuperado de: Elaboración propia.

3.2.3. Relación entre ganancias de calor con la temperatura interior.

Se conoce que al incrementar o disminuir el calor sobre un elemento o espacio, la temperatura también cambiará bajo este mismo concepto. Se utilizará la fórmula de balance térmico para demostrar que por medio de las estrategias planteadas la temperatura interior disminuyó con respecto al estado actual.

Para realizar el cálculo, se utilizará el coeficiente volumétrico de intercambio térmico, calculado con los parámetros de la oficina tipo y las temperaturas tomadas con los hobos.

FORMULA

$$T_i = T_e + \frac{I+D}{G}$$

T_i = Temperatura interior

T_e = Temperatura exterior

I = Ganancia por radiación solar (W/m³)

D = Ganancias internas por conducción (W/m³)

G = Coeficiente de intercambio térmico (W/°C m³)

CALCULO DE TEMPERATURA INTERIOR CON EL USO DE LAMAS VERTICALES

$$T_i = T_e + \frac{I+D}{G}$$

$$I + D / m^3$$

$$T_i = 16.60 \text{ °C} + \frac{259,25 \text{ W} / m^3}{38,47 \text{ W}/m^3\text{°C}}$$

$$\frac{91834,79 \text{ W}}{221,83 \text{ m}^3} = 413,98 \text{ W}/m^3$$

$$T_i = 16.60 \text{ °C} + 6,73 \text{ °C}$$

$$I + D = 259,25 \text{ W} / m^3$$

T_i = 23,34 °C (Temperatura media semanal)

$$G = 38,47 \text{ W}/\text{°C} \text{ m}^3$$

CALCULO DE TEMPERATURA INTERIOR CON EL USO DE LAMAS HORIZONTALES

$$T_i = T_e + \frac{I+D}{G}$$

$$I + D / m^3$$

$$T_i = 16.60 \text{ °C} + \frac{226,08 \text{ W} / m^3}{38,47 \text{ W}/m^3\text{°C}}$$

$$\frac{91834,79 \text{ W}}{221,83 \text{ m}^3} = 413,98 \text{ W}/m^3$$

$$T_i = 16.60 \text{ °C} + 5,87 \text{ °C}$$

$$I + D = 226,08 \text{ W} / m^3$$

T_i = 22,47 °C (Temperatura media semanal)

$$G = 38,47 \text{ W}/\text{°C} \text{ m}^3$$

3.3. Resultados

- Al modelar la oficina tipo en el horario de 8:00 a.m a 12:00 p.m, con los elementos de sombra verticales, en la simulación anual realizada con el programa Heliodon 2, se obtuvo **451:00 horas** máximas de asoleamiento y **345 kWh/m²** y al comparar con los valores del estado actual que no poseen ningún elemento en fachada, se evidencia un decrecimiento de 45,8 % en horas de asoleamiento y un 42,4% en irradiación.
- En la simulación del espacio de estudio ubicada sobre la fachada este de la edificación, realizada en el solsticio de invierno, con los elementos de sombra verticales, se obtuvo un asoleamiento máximo de **1:38 horas** y una irradiación de **1:30 kWh/m²** y al comparar con el estado actual existe una disminución en 41% en horas de asoleamiento y 31,5% de irradiación.
- Al modelar la oficina de estudio con la propuesta de lamas verticales en el equinoccio, se obtiene como asoleamiento máximo **1.45 horas** e irradiación máxima **1.30 kWh/m²**, logrando una reducción en los dos parámetros antes mencionados comparando con el estado actual que carece de elementos de sombra. El porcentaje de disminución en asoleamiento e irradiación es del 39,0%.
- Al realizar la simulación anual de la oficina tipo utilizando como alternativa lamas horizontales en la fachada irradiada (este), se alcanzó **478:64 horas** de asoleamiento y **223 kWh/m²** de irradiación, lo que representa un valor promedio de 1.31 horas de asoleamiento y 0,61 kWh/m² de irradiación. Y al comparar con el estado actual existe una reducción de 42,43% en horas de asoleamiento y un 62,71%.de irradiación.
- En la modelación realizada en el programa Heliodon 2, del espacio de estudio utilizando como propuesta los elementos de sombra horizontal para el solsticio de invierno, se logró los siguientes resultados **01:39 horas** de asoleamiento y **0.81 kWh/m²** de irradiación. Lo que representa un decrecimiento en los dos parámetros con respecto al estado actual de un 40,85% de asoleamiento y un 57,36% de irradiación.
- Por medio de la simulación de la oficina tipo con la propuesta de lamas horizontales en la fachada en el equinoccio, se ha logrado disminuir el asoleamiento e irradiación de **02:15 a 01:26 horas** de asoleamiento y de **1.75 a 0.71 kWh/m²** de irradiación, lo que representa un decrecimiento del 41,4% y 59,4% respectivamente.

- La suma de ganancias y pérdidas desarrolladas con el planteamiento de lamas verticales en la fachada de la oficina tipo, dan como resultado **62510,79 W**. Siendo el parámetro predominante, la ganancia por radiación solar que corresponde al 94% del total, tomando en cuenta que se propone cuatro renovaciones de aire para el espacio de estudio, mientras que las pérdidas por ventilación corresponden al -4,3% del total.

La suma de las ganancias por metro cuadrado del espacio de estudio, con el uso de elementos de sombra verticales es de **259,25 W/m²**.

- El resultado de la suma de ganancias y pérdidas empleando la propuesta de elementos de sombra horizontales para el exterior de la fachada del espacio de estudio, es de **54512,80 W**. El parámetro preponderante son las ganancias por radiación que equivalen al 93,3%, consecutivamente las ganancias internas con un 12,6 % y pérdidas por ventilación en un -5%.

La suma de las ganancias por metro cuadrado del espacio de estudio, con el uso de elementos de sombra verticales es de **226,08 W/m²**.

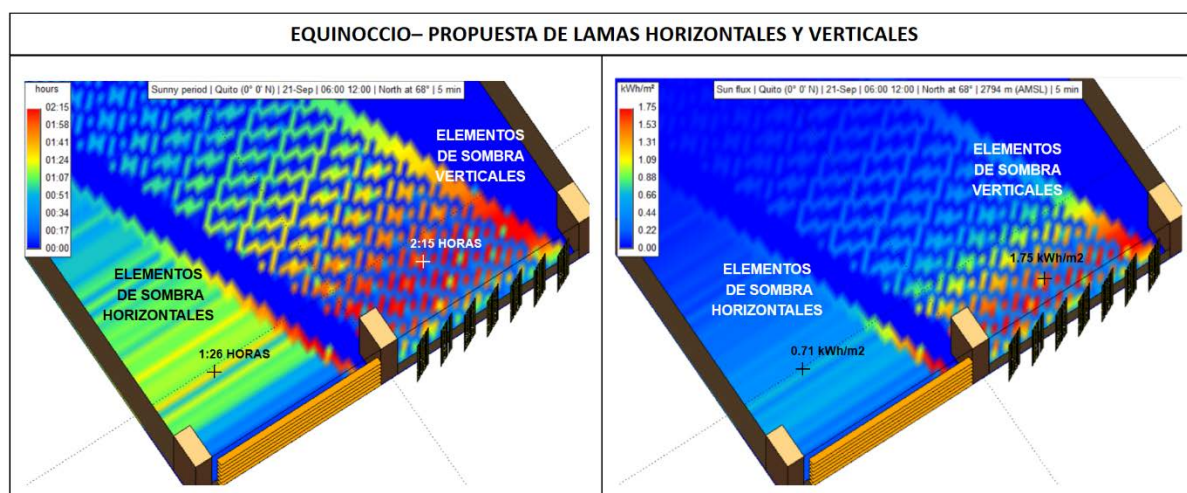
- Al realizar la relación entre ganancias de calor con las temperaturas interior y exterior por medio del balance térmico, utilizando elementos de sombra verticales en la fachada irradiada se logra bajar la temperatura interior de **25,14°C a 23,34°C**.
- Por medio de la fórmula del balance térmico que relaciona las ganancias de calor y la temperatura, y con los valores obtenidos del cálculo de lamas horizontales ubicadas en la fachada este, se consigue disminuir la temperatura interior de **25,14°C a 22,47 °C**.

Conclusiones

- Modelando la oficina tipo en el programa de simulación Heliodon 2, con los dos elementos de sombra propuestos en la fachada frontal para el equinoccio, se ha realizado la comparación de asoleamiento e irradiación entre ellos, y se obtuvo los siguientes resultados 0,71 kWh/m² e irradiación con lamas horizontales y 1,75 kWh/m² con lamas verticales, obteniéndose una diferencia del 59,4% entre ambas propuestas.

Se obtuvo 1:26 horas de asoleamiento con lamas horizontales y 2:15 horas con lamas verticales, lo que equivale una disminución del 41,4 %, y una menor sobre exposición solar sobre las superficies de trabajo. (Ver figura 41)

Figura 44

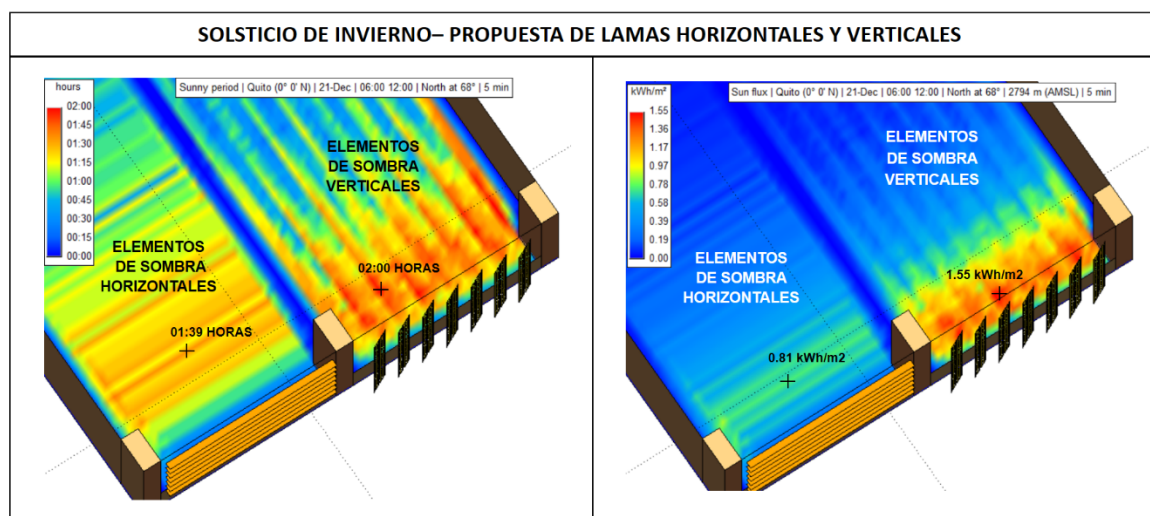


Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación en el equinoccio de la oficina tipo del edificio del Ministerio de Finanzas, con la propuesta de lamas verticales y horizontales. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

- Al realizar la simulación del espacio de estudio con los dos elementos de sombra vertical y horizontal en la fachada este en el solsticio de invierno, se ha comparado entre las dos propuestas tanto en asoleamiento e irradiación, obteniéndose los siguientes resultados 0,81 kWh/m² e irradiación con lamas horizontales y 1,55 kWh/m² con lamas verticales, obteniéndose una diferencia del 47,7% entre ambas propuestas.

Se obtuvo 1:39 horas de asoleamiento con lamas horizontales y 2:00 horas con lamas verticales, lo que equivale una disminución del 30,5 %, y una menor sobre exposición solar sobre las superficies de trabajo. (Ver figura 42)

Figura 45

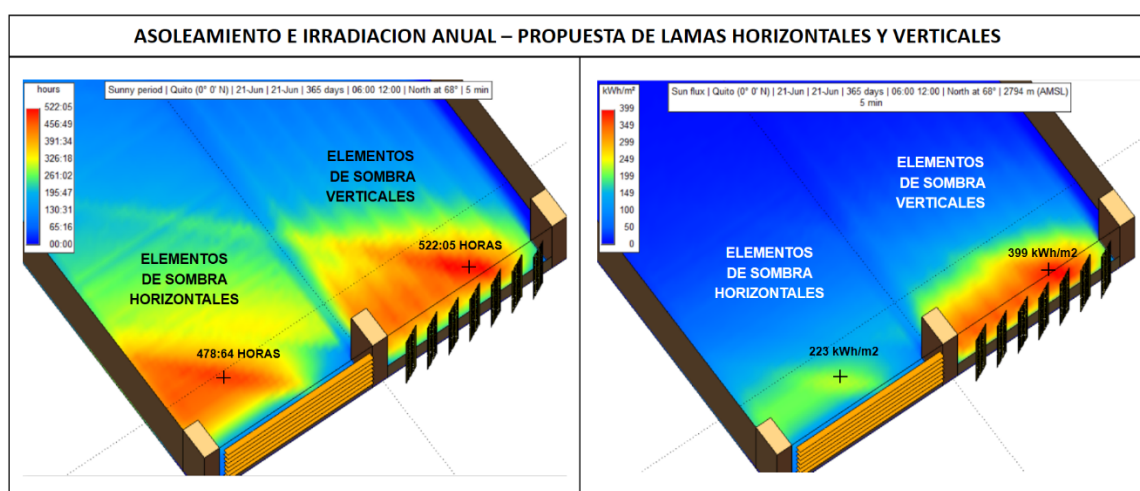


Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación en el solsticio de invierno de la oficina tipo, con la propuesta de lamas verticales y horizontales. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

- La oficina tipo del Ministerio de Finanzas al ser modelada en el programa de simulación Heliodon 2 todo un año con las dos propuestas de elementos de sombra, y al ser comparados, se obtiene los siguientes resultados, el asoleamiento anual con elementos de sombra horizontales se obtiene 478:64 horas, mientras que con elementos de sombra verticales se obtiene 522:05 horas, por lo que existe una diferencia del 8,3%.

La irradiación anual con elementos de sombra horizontales es 0,81 kWh/m² mientras que con elementos de sombra verticales es 1.55 kWh/m², lo que representa una diferencia del 47,7% entre ambas propuestas.

Figura 46



Montenegro G. (2017). Asoleamiento e irradiación anual en la oficina tipo del Edificio del Ministerio de Finanzas. Recuperado de: Elaboración propia, Heliodon 2.

- Al realizar la modelación del espacio de estudio con las dos propuestas de elementos de sombra en la fachada este, se concluye que, utilizando lamas horizontales se logra un menor asoleamiento e irradiación al interior, la dimensión de éstas es menor que las lamas verticales por lo que se obtiene una mayor visibilidad hacia el exterior.
- Al comparar la sumatoria de ganancias y pérdidas de calor de la oficina tipo de las dos propuestas de elementos de sombra con el estado actual, existe en los dos contextos una considerable disminución. La diferencia de la sumatoria entre las lamas verticales y el estado actual es del 31,9%; mientras que al comparar la sumatoria entre las lamas horizontales y el estado actual existe una disminución del 40,6%.

Estado actual: 91.834,70 W

Elementos de sombra verticales: **62.510,79 W**, valor por m² = **259,25 W / m²**

Elementos de sombra horizontales: **54.512,80 W**, valor por $m^2 = 226,08 W / m^2$

- Se comprueba que, al realizar el cálculo del balance térmico, aplicando las dos propuestas de elementos de sombra en la fachada de la oficina tipo del edificio del Ministerio de Finanzas, se logra disminuir la temperatura promedio interior de $25,14^{\circ}C$ a $23,34^{\circ}C$ utilizando lamas verticales y $22,47^{\circ}C$ utilizando lamas horizontales.

Se consigue el rango de temperatura de confort para espacios interiores, que comprende entre $20^{\circ}C$ a $24^{\circ}C$ en ambas propuestas de elementos de sombra exterior de fachada.

Bibliografía

- Acuatro Arquitectos. (14 de septiembre de 2009). *Cuatro arquitectos*. Recuperado el 16 de febrero de 2017, de Rehabilitación de edificios - Restauración de edificios: <http://www.acuatroarquitectos.com/rehabilitacion-de-edificios-restauracion-de-edificios/>
- Aresta Rebelo, M. (2015). Diseño bioclimático. En M. Aresta Rebelo, *Arquitectura Biológica. La vivienda como organismo vivo* (págs. 25-50). Bogota - Colombia: Nobulo.
- Armendariz Pérez de Ciriza, P. (2014). *Calor y Trabajo. Prevención de riesgos laborales debidos al estrés térmico por calor*. Madrid - España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales- España.
- Blender, M. (10 de Marzo de 2015). *Arquitectura y Energía*. Obtenido de El Confort Térmico: <http://www.arquitecturayenergia.cl/home/el-confort-termico/>
- Brandi Licht, U. (2006). En U. Brandi Licht, *Principles Implementation Case Studies* (pág. 31). Munich: Detail book.
- Calvente , A. (2007). El concepto moderno de sustentabilidad. *Socioecología y desarrollo sustentable*, 1-7.
- Castejón Vilella, E. (2017). Confort térmico. *Centro de Investigación y Asistencia Técnica*, 1-14. Obtenido de <http://editorial.dca.ulpgc.es/ftp/icaro/Anexos/2-%20CALOR/1-Comodidad/NTP%20074%20Confort%20t%e9rmico%20-%20M%e9todo%20de%20Fanger.pdf>
- Cavieres, J., & Pino Neculqueo, M. E. (junio 2011). Reutilización Integral de edificios como acto de Sustentabilidad. *Trilogía. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 53-62.
- Correia, M. (2007). Teoría de la conservación y su aplicación al patrimonio en tierra. En M. Correia, *Apuntes*. Lisboa.
- D'alencon, R. (2008). Flujo de calor y balance térmico en edificios. En R. D'alencon, *Acondicionamiento arquitectura y técnica* (págs. 52-60). Santiago de Chile.
- de Solà-Morales, I. (16 de Abril de 1982). Teorías de la Intervención Arquitectónica. *Quaderns d'arquitectura i urbanisme*, 22. Recuperado el 09 de Febrero de 2017, de Teorías de la intervención arquitectónica: <https://cuatrocuadernos.wordpress.com/teorias-de-la-intervencion-arquitectonica/>
- Del Rio, J. (febrero 2017). Demolición versus reutilización. *MásDeco*.
- EADIC Formación y consultoría. (2017). Confort ambiental. En E. F. consultoría, *Arquitectura bioclimática* (págs. 1-39). Madrid.
- Empresa Municipal de la Vivienda y Suelo de Madrid. (Octubre 2014). *Mejora Ambiental de los Edificios Residenciales de Madrid*. Madrid. Obtenido de Rehabilitación sostenible en Madrid.

- Fuentes Freixanet, V. (2012). Geometría Solar. En V. A. Fuentes Freixanet, *Geosol* (págs. 44-48). Mexico D.F.
- Fuentes Freixanet, V. (2015). Confort. En V. A. Fuentes Freixanet, *Arquitectura Bioclimática* (págs. 58-70). Azcapotzalco: División de Ciencias y Artes para el Diseño- UAM.
- Fundación CIRCE - Centro Politécnico Superior Universidad de Zaragoza. (Enero 2014). Impacto de los materiales de construcción, análisis de ciclo de vida. *Eco Habitar*.
- García de Diego, M., & Reymundo Izard, A. (2017). El ser humano y el confort. En M. d. García de Diego, & A. Reymundo Izard, *Clima y Confort térmico* (pág. 198). Canarias: ITC (Intituto Tecnológico de Canarias).
- Grimmer, A., & Weeks, K. (1999). *The Secretary of the Interiors's Standars for rehabilitation*. Recuperado el 16 de febrero de 2017, de Standards: <https://www.nps.gov/tps/standards/rehabilitation/rehab/stand.htm>
- HABITAR Grupo de investigadores, UPC. (2014). Rehabitar. En U. HABITAR Grupo de investigadores, *Rehabitar abandono y oportunidad* (págs. 1-40). Barcelona.
- Habitat III Quito . (20 de octubre de 2016). *Rumbo a habitat 3*. Recuperado el 10 de diciembre de 2016, de Ecuador apuesta al desarrollo urbano sostenible: <http://www.rumboahabitat3.ec/es/noticias/noticias/408-desarrollo-urbano-sostenible.html>
- Hernández, P. (03 de Marzo de 2014). *Arquitectura, Confort, Diseño bioclimático*. Obtenido de Diagrama bioclimático de Givoni: <https://pedrojhernandez.com/2014/03/03/diagrama-bioclimatico-de-givoni-2/>
- Köppen, W. (1948). Definición de clima. En W. P. Köppen, *Climatología* (pág. 19). México - Buenos Aires.
- Kvisgaard, B., & Martín Monroy, M. (2000). *La comodidad térmica*. Dinamarca: INNOVA.
- Kvisgaard, B., & Monroy, M. (2000). La comodidad térmica. En B. Kvisgaard, & M. M. Monroy, *Thermal Comfort* (págs. 1-32). Dinamarca: INNOVA.
- Lacomba, R. (1991). Geometría solar. En R. Lacomba, *Manual de Arquitectura Solar* (pág. 142). Mexico D.F: Trillas.
- Landsber, H. (1972). Nota técnica 331. En H. Landsber, *The assesment of human bioclimate*. Ginebra: W.M.O.
- Larios Villalta, C. R. (2009). Definiciones. En C. R. Larios Villalta, *Manual de criterios de restauración para la arquitectura prehispánica*. Ciudad de Guatemala.
- Lloberas, Toigo, & Lombardi. (2013). Climatización. *Taller Vertical de Instalaciones L+T+L, Universidad de La Plata*, 17.
- Mayorga Trejo, V., & Soria López, F. (2015). La reutilización urbano-arquitectónica como alternativa de diseño sustentable. En *Conservación y Reutilización del Patrimonio Edificado* (págs. 211-232). Ciudad de México.

- Meteorología y climatología de Navarra. (2016). *Navarra*. Obtenido de Clasificación climática de Köppen : <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm>
- Minaya Hernández, F. (2015). La reutilización: tendencia de la arquitectura contemporánea en la Ciudad de México. *Academia XXII UNAM*, 121-135.
- Niglio, O. (2009). Introducción. En O. Niglio , *La restauración en la arquitectura: metodos y técnicas de análisis*. Ibagué: Luz Angela Castaño.
- Peña, V., & Erazo, M. (2017). Confort Climático. *ResearchGate*, 12.
- Real Academia Española. (2017). *Diccionario de la lengua española*. Recuperado el 07 de Enero de 2017, de Diccionario de la lengua española: <http://dle.rae.es/?id=WMGvvdn>
- RECONSOST. (2006-2008). Investigación sobre el comportamiento térmico de soluciones constructivas bioclimáticas. *Plan Nacional de I+D RECONSOST*, 31.
- Sahady Villanueva, A., & Gallardo Gastelo, F. (2002). En edificios de ayer, funciones de hoy. La vivienda: una constante histórica. *Boletín INVI N° 45*, 69-81.
- Sainz Navarro, M., & Juárez Terriquez, A. (2014). La reutilización para la conservación del patrimonio edificado. *XI Foro Académico de la Escuela de Conservación y Restauración de Occidente*, (pág. 4). Guadalajara, Jalisco.
- Sanchez Montañes, B. (2014). Conceptos y técnicas de la Arquitectura Bioclimática. *EcoHabitat*, 1-20.
- Soria López, F., & Guerrero Baca, L. (2016). El proyecto de reutilización arquitectónica: hacia una valoración ampliada del patrimonio edificado. *Academia XXII*, 127-144.
- Soria López, J., Meraz Quintana, L., & Guerrero, L. (2007). En torno al concepto de reutilización arquitectónica. *Bitácora arquitectura*, 31-39.
- Sorre, M. (1936). Le climat. En M. Sorre, *Sur la conception du climat* (págs. 14-15). Montpellier.
- Technovasol. (Noviembre de 2016). *Technovasol*. Obtenido de La primera edificación sustentable en obtener certificación Leed Silver en Ecuador: <http://www.technovasol.com/index.php/recursos/noticias/101-la-primer-edificacion-sustentable-en-obtener-certificacion-leed-silver-en-ecuador>
- Varas Madrid, R. (2009). Eficiencia energética, tradicionales versus nuevas soluciones. *Simposio Internacional Desarrollo, Ciudad y Sostenibilidad*, 1-5.
- Vélez Gonzalez, R. (1992). Datos básicos para el diseño bioclimático. En R. Vélez Gonzalez, *La Ecología en el diseño arquitectónico* (págs. 11-13). Mexico D.F.: Trillas.
- Venemedia . (02 de Octubre de 2016). *Concepto definición*. Obtenido de Definición de Climatología: <http://conceptodefinition.de/climatologia/>

Anexos

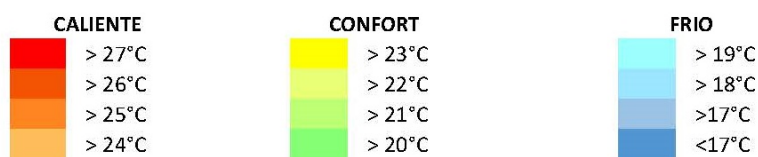
Anexo 1

MES	HELIOFANIA	TEMP MEDIA PROMEDIO (°C)	TEMP MAX PROMEDIO (°C)	TEMP MIN PROMEDIO (°C)	HUMEDAD RELATIVA (%)	PRECIPITACION ANUAL (mm)
ENERO	151,40	15,25	21,58	10,62	77,71	138,00
FEBRERO	151,50	15,36	21,49	10,99	83,11	60,60
MARZO	83,60	13,83	19,45	10,66	74,94	213,60
ABRIL	172,20	16,01	22,27	11,10	72,53	46,20
MAYO	131,60	15,08	20,91	10,86	77,81	219,20
JUNIO	179,00	15,76	20,03	10,73	66,10	10,90
JULIO	229,80	16,65	23,01	11,69	56,10	0,10
AGOSTO	222,30	15,89	22,46	10,88	58,32	1,70
SEPTIEMBRE	176,80	15,63	22,58	10,22	65,47	85,30
OCTUBRE	164,90	15,25	21,69	10,68	72,68	144,60
NOVIEMBRE	140,40	15,15	21,73	10,54	77,00	79,20
DICIEMBRE	163,90	15,33	22,30	10,44	74,77	22,70
PROMEDIO ANUAL	1816,00	15,43 °C	21,62 °C	10,78 °C	71,38 %	884,10 mm

Montenegro G. (2017). Tabla de datos de temperatura, humedad, heliofanía y precipitación anual por mes, año 2014. Recuperado de: Elaboración propia, Estación meteorológica M 0024, INAMHI.

Anexo 2

#	FECHA	HORA	EXTERIOR (°C)	INTERIOR (°C)	DIFERENCIA
15	4/7/2017	6:00	10,7	22,7	12
16	4/7/2017	7:00	11,3	22,8	11,5
17	4/7/2017	8:00	12,6	22,6	10
18	4/7/2017	9:00	15,9	23,5	7,6
19	4/7/2017	10:00	17,4	24,9	7,5
20	4/7/2017	11:00	19,8	24,5	4,7
21	4/7/2017	12:00	20,8	24,7	3,9
39	5/7/2017	6:00	11,3	23,1	11,8
40	5/7/2017	7:00	12,8	23	10,2
41	5/7/2017	8:00	15,7	25,1	9,4
42	5/7/2017	9:00	17,3	26,2	8,9
43	5/7/2017	10:00	18,5	26,4	7,9
44	5/7/2017	11:00	19,5	25,8	6,3
45	5/7/2017	12:00	20,6	25,5	4,9
63	6/7/2017	6:00	12	23,7	11,7
64	6/7/2017	7:00	13,7	24	10,3
65	6/7/2017	8:00	16,6	25,2	8,6
66	6/7/2017	9:00	18,1	26,3	8,2
67	6/7/2017	10:00	18,9	25,4	6,5
68	6/7/2017	11:00	19,5	24	4,5
69	6/7/2017	12:00	20,4	25,2	4,8
87	7/7/2017	6:00	14	24,7	10,7
88	7/7/2017	7:00	14,7	24,6	9,9
89	7/7/2017	8:00	15,8	24,5	8,7
90	7/7/2017	9:00	17,1	24,9	7,8
91	7/7/2017	10:00	19,8	25,4	5,6
92	7/7/2017	11:00	19,3	25,6	6,3
93	7/7/2017	12:00	20,6	25,8	5,2
111	8/7/2017	6:00	13	24,4	11,4
112	8/7/2017	7:00	13,8	24,6	10,8
113	8/7/2017	8:00	15,6	26,7	11,1
114	8/7/2017	9:00	16,9	27,3	10,4
115	8/7/2017	10:00	18,4	26,9	8,5
116	8/7/2017	11:00	19,7	26	6,3
117	8/7/2017	12:00	20,6	25,3	4,7
135	9/7/2017	6:00	12,8	24,4	11,6
136	9/7/2017	7:00	13,2	24,7	11,5
137	9/7/2017	8:00	15,7	26,5	10,8
138	9/7/2017	9:00	17,4	27,7	10,3
139	9/7/2017	10:00	18,9	27,4	8,5
140	9/7/2017	11:00	20,3	26,2	5,9
141	9/7/2017	12:00	20,9	25,4	4,5
159	10/7/2017	6:00	11,6	23,5	11,9
160	10/7/2017	7:00	12	23,8	11,8
161	10/7/2017	8:00	13,8	25,8	12
162	10/7/2017	9:00	15,8	26,9	11,1
163	10/7/2017	10:00	18,1	26,7	8,6
164	10/7/2017	11:00	19,2	26	6,8
165	10/7/2017	12:00	21,2	25,8	4,6



Montenegro G. (2017). Temperaturas diarias de la oficina tipo, Ministerio de Finanzas. Recuperado de:
 Elaboración propia, con base a mediciones realizadas al interior (HOBOS) y exterior tomado de INAMHI 2017.

Anexo 3

TIPO DE MARCO	PRODUCTO	VENTANA	COEFICIENTE DE GANANCIA SOLAR		
			Vidrio simple	Doble vidrio	Bloque de vidrio
Metal	Operable	Claro	0.80	0.70	0.70
	Fija	Claro	0.83	0.73	0.73
	Operable	Tinturado	0.67	0.59	N.A.
	Fija	Tinturado	0.68	0.60	N.A.
Metal, rotura térmica	Operable	Claro	N.A.	0.63	N.A.
	Fija	Claro	N.A.	0.69	N.A.
	Operable	Tinturado	N.A.	0.53	N.A.
	Fija	Tinturado	N.A.	0.57	N.A.
No metálico	Operable	Claro	0.74	0.65	0.70
	Fija	Claro	0.76	0.67	0.67
	Operable	Tinturado	0.60	0.53	N.A.
	Fija	Tinturado	0.63	0.55	N.A.

Montenegro G. (2017) Tabla de coeficientes de ganancia solar del vidrio. Recuperado de: Elaboración propia, basado en <http://www.jtwindows.com/title-24-quick-reference-guide/>